Electrosmog y contaminación por basura electrónica

Escenarios y alternativas de solución

Jesús Leonardo Soto Sumuano
José Alberto Tlacuilo Parra
Heberto Ferreira Medina
José Luis Cendejas Valdez

Scanned with CamScanner

Electrosmog y contaminación por basura electrónica

Escenarios y alternativas de solución

Heberto Ferreira Medina
Jesús Leonardo Soto Sumuano
José Alberto Tlacuilo Parra
José Luis Cendejas Valdez

Electrosmog y contaminación por basura electrónica

Escenarios y alternativas de solución

Heberto Ferreira Medina
Jesús Leonardo Soto Sumuano
José Alberto Tlacuilo Parra
José Luis Cendejas Valdez

Guadalajara, México, 2022

Agradecimientos

Agradecemos a las siguientes instituciones que nos apoyaron en la realización de este libro: al Centro Universitario de Ciencias Económicas y Administrativas (CUCEA) de la Universidad de Guadalajara, la Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente del IMSS, al Hospital Civil de la Universidad de Guadalajara, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

Asimismo, agradecemos el apoyo para el desarrollo de esta obra al Instituto de Investigación en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Especialmente a la MGTI. Atzimba G. López Maldonado y al MTI. Alberto Valencia García por sus comentarios y apoyo en los cálculos estadísticos; al Tecnológico Nacional de México (TecNM) campus Morelia por su apoyo y tiempo brindado.

A la Universidad Tecnológica de Morelia (UTM) por el tiempo y apoyo brindado, así como a los integrantes del Cuerpo Académico de Transferencia Tecnológica para la Construcción de Software (TRATEC) – PRODEP de la UTM por sus comentarios y apoyo. Al MC. Álvaro Núñez de la empresa REMSA y al alumno del TecNM Yumi Keh T. De la UTM a los alumnos Marco Rojas, Daniel Saucedo y Oscar Álvarez por su ayuda en la aplicación de la encuesta y el desarrollo del software de apoyo.

Por último, de manera muy especial agradecemos al grupo interdisciplinario formado para la investigación realizada sobre la radiación electromagnética no ionizante y su asociación con leucemia aguda conformado por: el Dr. Roberto Francisco Garibaldi C., el Dr. Hugo Romo Rubio, el MTI Francisco J. Olivera Guerrero, el MTI Emmanuel Abundis Gutiérrez y a la empresa Capacitación y Consultoría con Visión CCV México.

Contenido

Agradecimientos. 7

PRÓLOGO 13

Capítulo I

Escenario regulatorio de la contaminación electromagnética o electrosmog 17

1.1 Introducción 18

1.2 Antecedentes de la contaminación electromagnética no ionizante 19

1.3 Escenario histórico de la radiación electromagnética en el mundo 19

1.4 Escenario de la contaminación por radiación y su efecto en salud publica 21

1.5 Marco Regulatorio 24

Capítulo II

Conceptos Sobre Radiación Electromagnética. 37

2.1 Introdución 37

2.2 Campo de fuerza 37

2.3 Elementos en la creación de la radiación electromagnética no ionizante o REM 39

2.4 Definición de la Radiación Electromagnética. 40

2.5 Ondas Electromagnéticas. 42

2.6 Fuentes de radiación electromagnética 46

Capítulo III

Escenario de Casos de México 53

3.1 Antecedentes. 53

3.2 Introducción a la epidemiología 53

3.3 Asociación y causalidad en el cáncer 54

3.4 Casos de estudio en Guadalajara Desarrollo por el Grupo de Investigación IMSS Hospital de Pediatria. 55

3.5 Caso de Estudio en Puerto Vallarta: Estudio de emisiones en escuelas y vías públicas (Estudio realizado por el Dr. Claudio Fabián Guevara) 64

3.6 Caso de Estudio en Xochimilco, México D.F. Estudio de emisiones en parques, escuelas y vías públicas (Estudio realizado por el M. en C. Fernando Álvarez Ortiz) 66

Capítulo IV

Propuesta de soluciones 73

4.1 Recomendaciones Generales 80

4.2 Recomendaciones al Gobierno 81

4.3 Recomendaciones a la Comisión Federal de Electricidad 81

4.4 Recomendaciones a las instituciones educativas 81

4.5 Recomendaciones al sector salud 82

4.6 Recomendaciones a empresas constructoras 82

4.7 Recomendaciones a fabricantes de equipo que usa alta tensión 82

4.8 Recomendaciones a fabricantes de dispositivos electrónicos 82

4.9 Recomendaciones a la ciudadanía 82

Bibliografía PARTE I 83

CAPÍTULO V

Antecedentes de la basura electrónica 91

5.1 Introducción 91

5.2 Antecedentes 91

5.3 Clasificación de la basura electrónica 94

5.4 ¿Por qué es importante tratar el tema de la basura electrónica? 95

5.5 ¿Cómo se genera la basura electrónica? 97

5.6 Obsolescencia programada 98

5.7 Los consumidores indefensos 99

5.8 Impacto en la salud 100

CAPÍTULO VI

Escenario Mundial de la Basura Electrónica 105

6.1 Estadísticas sobre la generación de basura electrónica 106

6.2 Tendencias de regulación 107

6.3 Marco legal a nivel mundial 110

6.4 Dumping 113

6.5 E-Waste en la región 114

6.6 Contaminación por metales pesados 116

6.7 Falta de estandarización 117

6.8 Normas y estándares internacionales. 118

CAPÍTULO VII

Escenario en México de la Basura Electrónica. 121

7.1 Marco legal de la basura electrónica 123

7.2 Caso de estudio en México. 124

7.3 Papel de las recicladoras en México 136

CAPÍTULO VIII

Propuestas de Solución 139

8.1 Modelos de Sustentabilidad o Sostenibilidad globales 139

8.2 Modelo sustentable para México. 144

8.3 Propuesta de solución 148

8.4 Conclusiones 151

CAPÍTULO IX

Efectos e Impacto en la salud producidos por la contaminación electromagnética y basura electrónica 153

9.1 La Salud como un derecho 153

9.2 Escenario de la Salud y el electromagnetismo 154

9.3 Introducción a la Basura Electrónica y los efectos en la salud pública. 161

9.4 Conclusiones 167

Bibliografía PARTE II 169

AUTORES 175

ACTA CONSTITUTIVA DE COMITÉ EDITORIAL 177

PRÓLOGO

Todo contaminante que altere el equilibrio de la biodiversidad de los ecosistemas naturales, directa o indirectamente, tendrá efectos adversos en la salud humana. Para evaluar los riesgos de los contaminantes existen parámetros científicos basados en estudios clínicos humanos, datos y estudios epidemiológicos, estudios ecológicos y datos analíticos y anatomopatológicos en animales de experimentación. La evaluación del riesgo se basa en el peso de la evidencia, que consiste en estudiar y analizar toda la información de relevancia científica.

La OMS definió en 1993 el concepto de Salud Medioambiental como: "a) los aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, determinados por la combinación e interacción de los agentes ambientales físicos, químicos, biológicos y psicosociales; y b) los aspectos teóricos y prácticos para conocer, analizar, evaluar, controlar, corregir y prevenir los factores medioambientales que potencialmente lesionan la salud de las generaciones presentes y futuras".

Es muy claro que el ser humano requiere y precisa tener salud en su vida para su óptimo desarrollo, las enfermedades como alteración del estado de salud tienen su origen en el individuo o en el ambiente en el que este se desenvuelve, siendo el ambiente, modulador de la severidad de la afección impactando en su relación con la salud del ocupante. Partiendo del estado situacional de salud a nivel global, la pandemia por SARS-CoV-2 ha sido un antes y un después para la humanidad y algunos de sus efectos colaterales más importantes derivado de las medidas precautorias para evitar el contagio, fue el aumento de la estadía de los seres humanos en los hogares así como los cambios en las relaciones interpersonales y la forma generalizada de comunicarnos, mismas que han generado una sobredemanda de servicios y equipos electrónicos variados, a fin de compartir información a mayor velocidad y capacidad en el envío y recepción de datos, contribuyendo a la denominada "nueva normalidad de la humanidad".

Estos equipos electrónicos por su diseño emiten radiación electromagnética artificial misma que genera un ambiente electromagnético denso e intenso denominado contaminación electromagnética, electrosmog o electropolución, que tiene sin lugar a duda efectos negativos en la salud del ser humano.

Por lo tanto, el exceso de radiación recibido por el ser humano puede considerarse como un riesgo para la salud, para la mayoría de las poblaciones esta exposición permanente a radiaciones artificiales representa un riesgo sanitario, la realidad es que todos, todo el día y todos los días, constante e indiscriminadamente, en mayor o menor medida estamos sometidos a un extenso e intenso campo de radiaciones, pues esta exposición sucede en las viviendas, en el lugar de trabajo, en escuelas, en geriátricos, en hospitales, plazas, calles y parques, de hecho actualmente hay cobertura para los equipos móviles prácticamente en todo el planeta, pocas zonas quedan libres de las microondas emitidas por las tecnologías de acceso inalámbrico, por lo que estamos expuestos a estas radiaciones artificiales con posibles efectos dañinos para nuestra salud, cabe mencionar que se carece de una legislación acorde a la gravedad del problema.

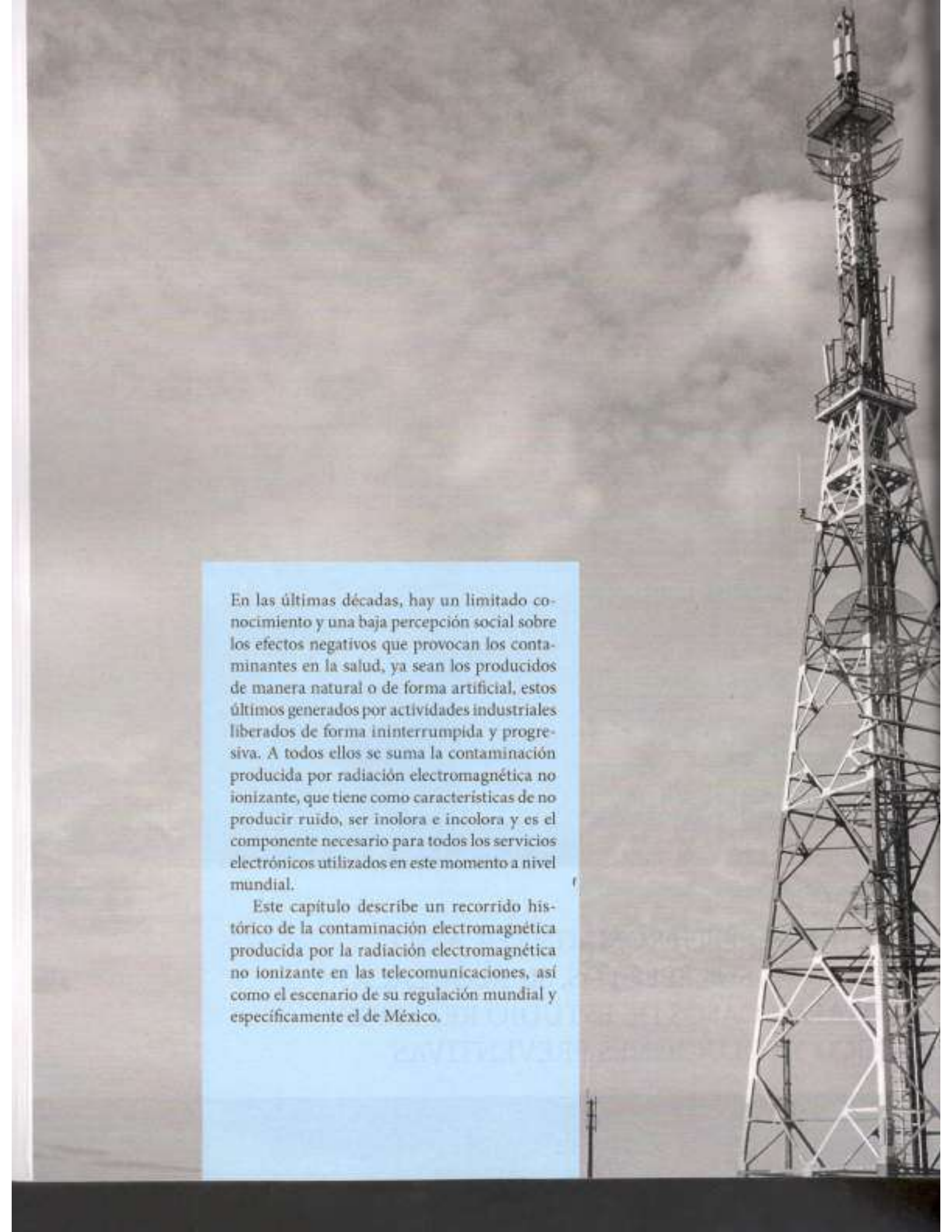
Aunado a la contaminación ambiental producida por radiación electromagnética, se suma el incremento de producción de equipos eléctricos y electrónicos para ser usados en un tiempo programado y descartados periódicamente, dando consecuencia a la contaminación por basura electrónica (e-waste). El aumento en el uso de estos equipos,

así como el incremento del gasto para su adquisición por cada vez más personas, es un fenómeno universal. Tanto los dispositivos eléctricos como los electrónicos se encuentran entre los más rápidamente producidos, usados y descartados. Consecuentemente, estamos atestiguando un alarmante crecimiento de basura electrónica y el correspondiente manejo inadecuado de estos residuos a una escala global.

El objetivo del libro es socializar el conocimiento y percepción de estos contaminantes y contribuir con ello a elevar la conciencia de los usuarios en el respeto y cuidado al medio ambiente, además de considerar una sana convivencia con las tecnologías.

Para facilitar la comprensión del impacto de estos dos tipos de contaminantes el libro se encuentra dividido en dos partes principales y un capítulo final. La primera parte trata el tema sobre la contaminación por radiación electromagnética o electrosmog, se describen sus efectos, su regulación sanitaria, casos de estudio reales y propuestas de soluciones preventivas. La segunda parte desarrolla el tema de la basura electrónica, se describe su escenario mundial y nacional, un caso de estudio real y propuesta de soluciones por medio de modelos originales de reciclado. Como cierre del libro se añade un último capítulo como conclusión general sobre la salud humana y su relación con los dos tipos de contaminación.

PARTE I
RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA NO IONIZANTE, SUS EFECTOS, SU REGULACIÓN SANITARIA, CASOS DE ESTUDIO REALES EN MÉXICO Y SOLUCIONES PREVENTIVAS



En las últimas décadas, hay un limitado conocimiento y una baja percepción social sobre los efectos negativos que provocan los contaminantes en la salud, ya sean los producidos de manera natural o de forma artificial, estos últimos generados por actividades industriales liberados de forma ininterrumpida y progresiva. A todos ellos se suma la contaminación producida por radiación electromagnética no ionizante, que tiene como características de no producir ruido, ser inolora e incolora y es el componente necesario para todos los servicios electrónicos utilizados en este momento a nivel mundial.

Este capítulo describe un recorrido histórico de la contaminación electromagnética producida por la radiación electromagnética no ionizante en las telecomunicaciones, así como el escenario de su regulación mundial y específicamente el de México.

Capítulo I
Escenario regulatorio de la contaminación electromagnética o electrosmog

Entre los nuevos contaminantes ambientales reconocidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), surge de gran importancia la producida por la radiación electromagnética no ionizante o RNI[1] que por su alcance y emisión exponencial a nivel global ha despertado un gran interés en la investigación reciente de contaminantes.

La comunidad científica y todos en general, deseamos que dicha radiación y su interacción con la población no haga daño, porque sus emisiones son factor fundamental en las telecomunicaciones actuales por su uso en todas las áreas de la vida, pero las últimas investigaciones muestran que deberemos observarla con lupa si es que no queremos tener una sorpresa desagradable en los próximos años.

La importancia de socializar este tema de gran relevancia es la de concientizar en la prevención de los efectos adversos en la salud de las personas y seres vivos, y como preámbulo en nuestro capítulo, se relata un ejemplo real de investigación que dio como resultado un cambio en la manera de ver y sentir la vulnerabilidad de nuestro planeta a un evento catastrófico producido por un contaminante ambiental.

[1] Según la Universidad de Washington, "la radiación no ionizante (RNI) se refiere a la radiación electromagnética que no tiene suficiente energía para ionizar (quitar electrones) átomos o moléculas. En cambio, la energía se convierte en calor y, según el tiempo de exposición y la concentración de energía de la radiación, puede provocar quemaduras. Por lo tanto, quienes trabajen con radiaciones no ionizantes deben tomar precauciones para asegurarse de no estar expuestos a niveles excesivos de RNI". (https://www.ehs.washington.edu/radiation/non-ionizing-radiation-safety)

José Mario Molina Pasquel y Henríquez, conocido como Mario Molina, fue un ingeniero químico mexicano egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México, destacado por ser uno de los descubridores de las causas del agujero de ozono antártico.

Recibió, junto con Paul J. Crutzen y Frank Sherwood Rowland, el Premio Nobel de Química de 1995 por su aportación científica de gran impacto social, que demostró la afectación de la capa de ozono en la estratósfera por parte de los propelentes de clorofluorocarbono y para la dilucidación de la amenaza que representan los gases de cloro, bromo, dióxido de carbono y otros a la capa de ozono de la Tierra, con lo que se convirtió en el primer ciudadano mexicano en recibir el Premio Nobel de Química. Así mismo, sus investigaciones y publicaciones sobre el tema condujeron a la elaboración del Protocolo de Montreal de las Naciones Unidas, el primer tratado internacional que ha enfrentado con efectividad un problema ambiental de escala global y de origen antropogénico. Ya se le reconoce como un mexicano universal.

La Academia Nacional de Ciencias de USA reconoció la validez de sus conclusiones en 1976 y en 1978 los aerosoles de clorofluorocarbonos (CFC) fueron prohibidos en los Estados Unidos.

1.1 Introducción

En 1995 la Real Academia Sueca de las Ciencias anunció que otorgaba el premio nobel de química a tres investigadores por su investigación sobre la "sensibilidad de la capa de ozono a la influencia de emisiones antropogénicas de determinados compuestos" y añadió que al explicar los mecanismos químicos que afectan al grosor de la capa de ozono "estos tres investigadores (Dres. Mario Molina, Paul J. Crutzen y Frank Sherwood Rowland) habían contribuido a nuestra salvación frente a un problema medioambiental global que podía haber tenido consecuencias catastróficas para el ser humano". Cuando una persona lee esta nota histórica y valora el resultado de esta investigación, solo le queda admirar y reconocer a los investigadores que participaron en éste trascendental estudio en protección a la capa de ozono de la Tierra.

Cabe mencionar, que previo a este premio de química, transcurrieron más de veinte años y un sin número de cuestionamientos para comprobar que lo investigado no fue una ocurrencia o una especulación, pues dicho estudio en un principio así se calificó por algunos gobiernos, incluso algunos científicos declararon ante la prensa que la investigación era una "ampulosa idiotez", otros científicos se aliaron, oponiéndose al resultado del estudio, debido al interés político/económico de las industrias y gobiernos quienes mantenían la posición de que "los clorofluorocarbonos o CFC no eran tan dañinos para el medio ambiente como para crear una emergencia mundial"; a pesar de ello, la verdad publicada sobre el daño e impacto de los CFC en la capa de ozono triunfó para bien de la humanidad.

Este es un caso raro, pero un meritorio y claro ejemplo sobre lo que sucede cuando de una nueva[1] tecnología, se investiga su impacto ambiental y el efecto de este sobre la salud pública. Como resultado de la actividad humana; por un lado, se han generado, importantes descubrimientos y por el otro, grandes estragos en la química atmosférica en este caso, del CFC-11, afortunadamente los gobiernos y la industria reaccionaron, puesto que después de comprobarse el hueco enorme de ozono faltante[1], aceleraron las acciones a nivel mundial para tratar de corregir el efecto, aun así, el daño ya estaba hecho y quizá quedará reparado cerca del año 2060.

Sin embargo, existen otras tecnologías que a pesar de haber sido medidas o estudiadas en su interacción con el medio ambiente y habiendo obtenido evidencias de su daño en la salud, han tomado tiempo para que se realicen acciones regulatorias, en tanto que en muchos de estos casos se han visto involucrado grandes intereses comerciales y políticos[2].

[1] Encontrado por el satélite Nimbus de la NASA (por sus siglas en inglés) en la Antártida.

[2] Ejemplos de ello son el cigarro, el plomo y el asbesto, que tuvieron que pasar más de 50 años para emitir regulaciones que ayudaran a mitigar el impacto en el ambiente y en la salud de la población.

1.2 Antecedentes de la contaminación electromagnética no ionizante

La radiación electromagnética no ionizante no es un tema nuevo, su inicio está ligado a las primeras transmisiones inalámbricas realizadas a principios del siglo XX, primero con la telegrafía inalámbrica, posteriormente con la radio, sin embargo, es con la aparición del celular cuando toma relevancia, debido a algunos estudios donde se le atribuyen efectos dañinos en la salud. Asimismo, desde los años 50, científicos y expertos escriben sobre el Principio Precautorio[5], un principio que si se aplicara de manera estricta por los gobiernos, impondría un alto a la industria, hasta no tener la seguridad de que no haya daño, sin embargo, por razones precipitadas de tipo comercial o avance social en el desarrollo y modernización a escala mundial, incluido México, se hace caso omiso a este principio precautorio, dando mayor importancia al beneficio del servicio y de la movilidad, así como a intereses particulares, anteponiéndolos a la seguridad de la población.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en su "Declaración de Río", propone una serie de principios esenciales al desarrollo sostenible. Uno de ellos es el denominado "principio o enfoque precautorio" mencionado con anterioridad, que, frente a una eventual obra o actividad con posibles impactos negativos en el medio ambiente, no permite dar lugar a su realización, se base exclusivamente en indicios del posible daño sin necesidad de requerir la certeza científica absoluta. Este principio fue consolidándose en los temas de directa relevancia para la salud humana, como el efecto del uso de productos químicos o de la descarga de contaminantes y se constituyó en una herramienta de apoyo a los países en desarrollo, cuyos medios científicos no les permitían cuestionar de manera fehaciente los supuestos planteados por el mundo desarrollado en cuanto a la inocuidad de tales sustancias. La evolución de este principio lo incorpora también a materias vinculadas al manejo de los recursos naturales como las áreas forestales, pesqueras y biotecnológicas pasando a ser un tema de discusión en distintas instancias referidas como al comercio internacional, entre otras.

Lo anterior, surge debido a la premisa de "avanzar" de todas las sociedades y la consideración de que, en el desarrollo de dicho avance, puedan presentarse sospechas fundadas de que ciertos productos o tecnologías crean un riesgo grave para la salud pública o el medio ambiente, por lo que es determinante aplicar el principio precautorio como medida protectora. Es importante identificar que los servicios que nos ofrece la infraestructura de Telecomunicaciones denominada "wireless" o inalámbrica son muy modernos y necesarios para el desarrollo de un país, sin embargo, en lo que se refiere a la emisión de radiación es un tema que se necesita auditar, regular, controlar y reglamentar.

1.3 Escenario histórico de la radiación electromagnética en el mundo

A continuación, se describen en forma de línea de tiempo algunos casos de estudios en diferentes países relacionados con el efecto de la exposición a la radiación artificial

- 1932 Alemania; se reporta por primera vez un caso de hipersensibilidad electromagnética o lo que se le conoce como la enfermedad de las microondas, donde las personas afectadas mostraron síntomas cómo dolores de cabeza, mareos, interrupciones del sueño, fatiga, náuseas,

[5] El principio precautorio fue consolidado en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, Brasil, 3–14 de junio de 1992) "Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente". Artigas (2001) expone que "El sentido del principio es fundamentalmente manejar la incertidumbre propia de las causales y relaciones que pueden estar fuera del control humano y que son básicamente las vinculadas a las ciencias naturales, incluyendo dentro de ellas, las que se refieren a la protección del bien superior de la vida y la salud humana".

taquicardia, pérdida de memoria, irritaciones en la piel, erupciones, dolor en los músculos, depresión, entre otros (Sosa, 2012).

- 1950 Rusia; clínicas de Moscú y otras ciudades de la Unión Soviética estudiaron y trataron a miles de trabajadores que padecieron esta nueva enfermedad denominada "hipersensibilidad electromagnética" cuyo trabajo era manufacturar, inspeccionar, reparar y operar equipos de microondas. Algunos incluso trabajaban con radares, radios o estaciones de televisión. Gran parte de esta tecnología fue utilizada en la Segunda Guerra Mundial.
- 1965 Checoslovaquia; se decretan los límites de seguridad en un rango de MIL VECES MENOR al que se estableció en Estados Unidos, con lo cual queda establecido que un país puede y debe asegurar a su población cuando exista una incertidumbre ante el riesgo de los daños. (Principio precautorio del país)
- 1980 Inglaterra; se realizan estudios sobre radiación electromagnética y su posible correlación con la depresión y suicidios.
- 1993 Estados Unidos; el departamento de administración de medicinas y comida sugiere fuertemente que los hornos de microondas y las frecuencias de la misma, en general promueven la aparición de cáncer. Tiempo después el mismo departamento concluye en que los microondas pueden acelerar el proceso de desarrollo de células o tumores cancerígenos (Swicord & Crees, 2003).
- 2001 Estados Unidos; se descubre que los efectos radiactivos son acumulativos, en el sentido de que aumenta la sensibilidad del cuerpo con el tiempo. Los estudios muestran que las personas no se recuperan por completo y en ocasiones futuras pueden presentar efectos biológicos a menores niveles de radiación (Firstenberg, 2001).
- 2002 Estados Unidos; personas que viven en 5 de las 7 casas localizadas en Forest House en South Woodford, que están rodeadas de 16 antenas de telefonía en sus techos, contrajeron cáncer (Ecolobria, 2007). De igual manera se han encontrado varios casos alrededor del mundo de grupos de personas con cáncer que vivían en zonas donde había muchas antenas.
- 2002 Francia; en Rennes, se cuestionó a los habitantes sobre la incidencia de algunos síntomas de salud en relación con la ubicación de sus viviendas con respecto a una antena de telefonía celular, reportando síntomas como náuseas, pérdida del apetito y alteraciones visuales, además de irritabilidad, tendencias depresivas, disminución del lívido, dolores de cabeza, perturbaciones del sueño y sensación de incomodidad hasta un radio de 200m de la antena. Después de este radio solo se refirieron síntomas de fatiga. (Eger et al, 2004; Santini, 2003).
- 2006 Estados Unidos; se descubre después de que el Centro de Reproducción en Cleveland hiciera un estudio, que los hombres que utilizaban el teléfono celular tenían un 25% de menos esperma fértil que el de los hombres que no lo usaban (Ecolobria, 2007).
- 2008 Suiza; la Comisión Internacional para la Seguridad Electromagnética (ICEMS), hace un llamado para la aplicación del principio precautorio, necesario en las mujeres embarazadas, recién nacidos, niños y adultos mayores, esto bajo el argumento que los límites de exposición son inadecuados y que solo han considerado los efectos térmicos para su realización, esto fue firmado por 56 científicos de clase mundial y 16 países (International Commission For Electromagnentic Safety, 2008).
- 2010-Estados Unidos; los asesores en cancerología del presidente Obama, sugieren la importancia de adoptar el principio de precaución, haciendo señalamiento de que los teléfonos celulares y otras tecnologías inalámbricas podrían ser la causa de ciertos tipos cáncer.
- 2011 Parlamento Europeo; esta institución reconoce por primera vez los efectos biológicos de la radiación electromagnética en plantas, animales y seres humanos, lo cual convierte en una necesidad ahora de proteger a los ciudadanos de la radiación, particularmente a mujeres embarazadas, recién nacidos y niños (European Parlament, 2012).

- 2011 Europa: la comunidad europea llega al acuerdo de quitar señales de WI-FI en escuelas y bibliotecas públicas, con el fin de proteger a los niños y jóvenes.
- 2011 OMS: clasifica a la radiación electromagnética en RF y microondas y reconoce a las emisiones electromagnéticas de radiofrecuencia como "POSIBLES CARCINÓGENOS 2B", invitándonos a reflexionar sobre la aplicación del principio precautorio mientras se genera información concluyente sobre los efectos de estas emisiones. Esta clasificación tiene especial relevancia por la Organización que lo emite, ya que la OMS es referencia en los lineamientos sanitarios a nivel Mundial.
- 2012 Estados Unidos; un incremento de niños con síndrome de Down es encontrado en los hijos de trabajadores que operan radares y personas que viven cerca de enlaces vía satélite en Vernon, Nueva Jersey.
- 2013 Estados Unidos; en Colorado, se detectan casos de cáncer en niños y adultos viviendo a proximidad de antenas y líneas de alto voltaje de base de la fuerza aérea (Ho, 2013).
- 2013 Estados Unidos; la Académica Americana de Pediatría manda una carta a la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos advirtiendo del daño al que están sometidos los niños por los estándares y límites de exposición actuales, piden que se analicen, reduzcan y actualicen estos estándares (Moskowitz, 2013).
- 2014 Estados Unidos; El Instituto Nacional de Seguridad (NIOSH, por sus siglas en inglés) y Salud Ocupacional en conjunto con la Agencia de Seguro Social Ocupacional en Estados Unidos, tras haber realizado varios estudios con más de 30,000 trabajadores que se encuentran en exposición a la radiofrecuencia, encontraron evidencias de que los efectos no térmicos son dañinos para la salud y se deben tomar medidas preventivas al respecto (Robbins & Bingham).

Los casos de estudio reportados que aquí se resumen, son el indicio de una posible afección significativa a la salud de la población mundial.

1.4 Escenario de la contaminación por radiación y su efecto en salud pública

En medicina, se entiende por contaminante cualquier sustancia que altera el equilibrio de un sistema natural y puede causar o contribuir a:

a. incrementar lás enfermedades
b. aumentar la mortalidad prematura
c. presentar un riesgo actual o potencial para la salud humana

Según su origen, los contaminantes pueden ser biogénicos (o naturales) y antropogénicos (o artificiales). Los biogénicos son intermitentes, de

intensidad variable y se auto depuran por la capacidad biorregenerativa de la naturaleza. Contrariamente, los antropogénicos son producidos por las actividades humanas y suelen ser continuos, de intensidad progresiva, biopersistentes y están alcanzando el límite de saturación de la capacidad biodepuradora de la naturaleza.

En la última década, ante la evidencia científica, cada vez más contrastada, convincente y demostrable de los efectos negativos en la salud humana, debido a los contaminantes artificiales, se ha generado un mayor interés y preocupación social por el incremento de las enfermedades asociadas a la polución ambiental. Tanto la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como la OMS, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), el Banco Mundial, la Unión Europea (UE), y otros organismos internacionales, han plasmado un marco constitucional y legal en el cual tenga cabida el progreso económico respetando los ecosistemas naturales y todas las formas de vida vegetal y animal, incluida la especie humana.

En el proceso de enfermar, toda relación temporal entre el agente causal o factor de riesgo y la aparición del efecto o enfermedad, es fundamental para determinar la percepción personal y social de la causa → efecto. Cuando el tiempo de latencia es inmediato, no hace falta ir al médico ni tener ningún conocimiento sanitario para saber cuál es la causa de la enfermedad (accidente de tráfico, traumatismo por caída, transgresiones dietéticas, etc.); más, cuando los periodos de incubación son largos, de años o décadas, como pasa en las enfermedades crónicas, que además son multifactoriales, la percepción social de la posible causalidad queda escondida, incluso, para los profesionistas sanitarios.

Eso ocurre también para los efectos agudos y crónicos asociados a las radiaciones electromagnéticas, ya sea en baja frecuencia o FEB o alta frecuencia RF. Desde los inicios de la energía eléctrica, son muy conocidos los efectos de las descargas en las personas, ahora, después de muchas décadas de utilización, todavía desconocemos realmente muchos de los efectos a largo plazo, especialmente en las épocas fetales e infantiles.

Se clasifican dos tipos de exposición a la energía eléctrica, una en forma aguda, es decir, que alcanza de pronto extrema intensidad y otra crónica siendo esta en forma habitual en un tiempo prolongado. Los peligros de las exposiciones agudas a la energía eléctrica son conocidos desde el principio de sus aplicaciones; en las exposiciones crónicas se consideran seguras (para los adultos) niveles inferiores a densidades magnéticas de 100 μT (micro-Teslas). Sin embargo, en los estudios científicos hechos en la población infantil se han descrito asociaciones, estadísticamente significativas con Leucemias Agudas (LA) en niveles superiores a tan solo, 0.3 - 0.4 μT.

También se divulga que la radiación electromagnética ha afectado en los últimos 25 años a los animales, principalmente aquellos con la capacidad de volar, ya que gran parte de su orientación se debe a su guía interna de coordenadas, que se ve afectada por las antenas de telefonía, esto ha provocado un gran descenso en la cantidad de especies como las abejas, mariposas y algunos tipos de aves (Mast Sanity, 2013).

Respecto a los efectos biológicos de estas emisiones, estudios diversos reconocen impactos sobre la salud en relación con la cercanía de las fuentes. Entre estos estudios destacaron los de la Agencia Federal para la Protección de la Radiación en Alemania, en donde en un radio de hasta 400 m de la antena, se documentaron más casos nuevos de cáncer que los registrados más allá de ese radio.

La situación que realmente debe alarmar a la sociedad y a algunos organismos internacionales, son los efectos biológicos que produce este tipo de contaminación y que ya algunos científicos han presentado evidencia de ello. Así pues, se ha mencionado que algunos estudios han demostrado como los niños y personas de la tercera edad son más sensibles a los campos electromagnéticos e incluso, se cuestiona la proliferación de cáncer como enfermedad en la población mundial.

Información relevante de estudios científicos demuestra una "asociación significativa entre la radiación producida por teléfonos celulares y dos tipos de tumores cerebrales, glioma y neurinoma del acústico", además reconoce a los niños como particularmente sensibles a estas emisiones, ya que su cerebro absorbe dos veces más radiación que el cerebro de un adulto y la médula ósea de su cráneo, absorbe 10 veces más energía.

La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) utiliza cinco clasificaciones para evaluar la solidez de la evidencia científica, y definir una posible asociación con el cáncer en los seres humanos.

Por cada agente estudiado, un grupo de trabajo de especialistas de la IARC, establece una opinión por consenso, sobre si las pruebas científicas, de alguna manera son fuertes, suficientes o limitadas. Asimismo, definen si la evidencia es suficiente para llegar a una conclusión.

La IARC no define el "riesgo" o probabilidad de daño a los seres humanos. Sólo considera la fuerza de la evidencia científica para establecer una posible o probable asociación con el cáncer. Es importante destacar que, el riesgo no puede estar presente en los niveles diarios de exposición del agente que se evalúa.

"Grupo 1 Cancerigeno para los seres humanos"	"Grupo 2A Probablemente Cancerigeno para los seres humanos"	"Grupo 2B Posiblemente Cancerigeno para los seres humanos"	"Grupo 3 No se clasifica"	"Grupo 4 Probablemente no Cancerigeno para los seres humanos"
La evidencia ha probado que es un gente que se asocia con el cáncer en seres humanos	Existe evidencia limitada de una asociación con el cáncer en seres humanos, pero pruebas suficientes de asociación con el cáncer en animales de experimentación	"Existe evidencia limitada de una asociación con el cáncer en seres humanos, pero pruebas insuficientes asociadas con el cáncer en animales de experimentación."	"La evidencia indica que no es posible clasificarlo como un agente cancerigeno, basado en la informacion cientifica disponible"	Existen pruebas para demostrar que el agente "no está asociado " con el cáncer en seres humanos
EJEMPLOS	EJEMPLOS	EJEMPLOS	EJEMPLOS	EJEMPLOS
107 agentes, incluyendo:	58 agentes, incluyendo:	249 agentes, incluyendo:	512 agentes, incluyendo:	Un agente:
"> Bebidas Alcohólicas > Amianto (todas las formas) > Arsénico > El benceno > El formaldehido > la radiación ionizante (todos los tipos) > Consumo de tabaco, en fumadores y no fumadores. > Pintor (exposición ocupacional) > La luz del sol – Rayos UV (radiación solar)"	"> Peluquería o peluquero (exposición ocupacional) > Petróleo refinado (exposición ocupacional) > trabajo por turnos que implica trastornos circadianos (interrupción a la normalidad los patrones de sueño) >Gases de combustión de automotores. > Lámparas bronceadoras."	"> Café (vejiga y tracto urinaria) > Combustible diesel, marinos > Limpieza en seco (exposición ocupacional) > Bomberos (exposición ocupacional) > Estireno > Trabajo en Fabricación Textil > Campos Magnéticos de muy baja frecuencia – Red Eléctrica (ELF) > Polvos de talcos higiénicos."	"> Ácido acrílico > Clorados en agua potable > Productos para dar color al pelo (uso personal) > La iluminación fluorescente > Campos Eléctricos de muy baja frecuencia – Red Eléctrica (ELF). > Mercurio. > Sacarinas"	"> caprolactama NOTA: Tener en cuenta que la Caprolactama es altamente tóxico y no debe ser considerado como "seguros" , salvo para esta clasificación"
"Referencias: Lista completa de agentes clasificados por IARC - http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php Información de IARC, Terminos & Definiciones - http://monographs.iarc.fr/ENG/Preamble/inde1x.php Explicación de los EMF - http://www.emfexplained.info"				

Tabla 2.1 Clasificación IARC

1.5 Marco Regulatorio

1.5.1 Marco Regulatorio a nivel internacional

En 1974, la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) formó un equipo de trabajo para examinar los problemas de salud generados por las radiaciones no ionizantes. En el Congreso de la IRPA en Paris en 1977, este grupo se convirtió en el Comité Internacional para las Radiaciones No-Ionizantes (INIRC) que en cooperación con la División de Salud Ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS), desarrollaron documentos sobre criterios de salud y su relación con las RNI, como parte del programa de criterios de salud ambiental de la OMS, auspiciado por Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP).

En 1992, la ONU realizó en Brasil la Conferencia sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, en cuya Declaración de Río su Principio 15 señaló lo siguiente:

"Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente".

En 1996 en Estados Unidos de América la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) (USA) determinó un rango de una regulación de exposición humana a campos electromagnéticos (cuyo nivel máximo no debiera superar los 10 mWatts/cm²), que se encuentra en revisión desde 2015 debido al incremento de señales adversas contra la salud y al crecimiento exponencial registrado en las emisiones desde hace 20 años.

En 1998 la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante (ICNIRP), organización no gubernamental integrada por un grupo de científicos reconocida por la OMS, desarrolló una serie de recomendaciones de carácter no obligatorio que variaron desde los 0.1 μW/cm² hasta los 10 mW/cm², donde además sólo se reconoció el efecto térmico de las emisiones, adicionalmente se definió qué potencias y qué periodos de exposición producen un calentamiento de 1o C en el tejido radiado. Cabe señalar que la ICNIRP no ha actualizado sus recomendaciones y este enfoque predomina en muchos países.

Ilustración de propaganda

World Health Organization

Actualmente, diversos estudios muestran la existencia de efectos adversos de origen no térmico sobre la salud. En el 2002 y 2011 la IARC reconoció a las longitudes de onda que van desde las frecuencias muy bajas (VLF, LF) hasta las radiofrecuencias (RF) y microondas dentro del grupo de clasificación 2B (ver Tabla 2.1).

Estos eventos han motivado la aplicación de medidas preventivas en diversos países como se muestra en la tabla 2.2, donde se comparan los niveles establecidos en la Unión Europea, con aquellos definidos en regulaciones preventivas nacionales. Se hace referencia a los dos servicios más importantes de la vida moderna: electricidad y telefonía móvil en sus frecuencias de uso más común (900, 1800 y 2100 MHz). Cada servicio muestra los parámetros de medición relativos a la radiación electromagnética.

La tabla 2.2 define los límites máximos de radiación a la que las personas pueden estar expuestas.

Para servicios de en baja frecuencia como la electricidad:

En Bulgaria para la LF se han establecido distancias mínimas a líneas de alta tensión y sistemas de distribución eléctrica.

En Dinamarca existe un acuerdo entre el gobierno local y el sector eléctrico para que en los nuevos desarrollos se examinen las medidas que reduzcan campos magnéticos si la exposición promedio anual es mayor a 0.4 microteslas.

En Italia, se ha reducido a 3 mT la exposición en nuevas instalaciones cerca de áreas infantiles, escuelas y casas, y a 10 mT para instalaciones existentes.

En Suiza para nuevas instalaciones cerca de lugares sensibles, para instalaciones existentes, se limita la fuerza del campo magnético externo y la densidad de flujo magnético.

Para servicios de telefonía móvil:

En Grecia, Con respecto a la telefonía móvil, en Grecia se han reducido los niveles máximos para estaciones base de telefonía móvil en distancia menor a 300 mts de ubicaciones sensibles (escuelas, hospitales, jardines de niño y centros de cuidado).

En Italia, para casa habitación y sus espacios exteriores, áreas infantiles y escuelas se han reducido los niveles máximos a 6 V/m y 0.02 mT; para lugares con estancias mayores a 4 horas, 20 V/m 0.06 mT y 1W/m² como para instalaciones existentes;

En Eslovenia, se ha reducido los niveles para casas, hospitales, centros de salud, edificios públicos y turísticos, escuelas, guarderías, áreas infantiles, parques y áreas de recreación.

En Suiza, se limita por cada ubicación nueva y existente cerca de lugares sensibles; y en India se han reducido los límites en un 90 %.

Tabla 2.2 Comparativa de Servicios básicos

"País / Directiva"	50Hz (ELF)		900 MHz (GSM)			1800 MHz (GSM)			2100 MHz (UMTS)		
	Intensidad de Campo Eléctrico E (V/m)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Intensidad de Campo Eléctrico E (V/m)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de potencia de Onda Plana Equi-valente W/m2	Intensidad de Campo Eléctrico E (V/m)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densi-dad de potencia de Onda Plana Equi-valente W/m2	Intensidad de Campo Eléctrico E (V/m)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densi-dad de potencia de Onda Plana Equi-valente W/m2
Europa: Recomen-dación 1999/519/ EC	5000	100	41	0.14	4.5	58	0.2	9	61	0.2	10
Bulgaria	-(1	-(1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1
Dinamar-ca	-(2	-(2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grecia	5.000	100	32(3	0.11(3	2.7(3	45(3	0.15(3	5.4(3	47(3	0.16(3	6(3
Italia	-(4	3(4	6(5	0.02(5	1(5	6(5	0.02(5	0.1(5	6(5	0.02(5	0.1(5
Polonia	1000	75	7	-	0.1	7	-	0.1	7	-	0.1
Eslovenia	500(6	10(6	13(6	0.04(6	0.45(6	18(6	0.06(6	0.9(6	19.06(6	1(6	0.1(6
Rusia	1000	75	7	-	0.1	7	-	0.1	7	-	0.1
Suiza	-	1(7	4(8	-	-	6(8	-	-	6(8	-	-
"Estados Unidos"	-(9	-(9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
India	-		41	-	-	58	-	-	61	-	-

Notas

-Todos los límites se muestran en media cuadrática (rms) la densidad de flujo magnético fue calculada de la intensidad de campo magnético usando una permeabilidad magnética de $4\pi \times 10\text{-}7$ H/m.

- nivel de referencia para el campo externo en el significado de la Recomendación 1999/519/EC, derivado de la restricción básica.

-La aplicación es obligatoria a menos que el valor esté en corchetes.

-Tipo de letra itálica: límite de exposición obligatoria en términos del campo externo afuera del cuerpo.

Notas

- Todos los límites se muestran en media cuadrática (rms) la densidad de flujo magnético fue calculada de la intensidad de campo magnético usando una permeabilidad magnética de $4\pi \times 10\text{-}7$ H/m.
- Nivel de referencia para el campo externo en el significado de la Recomendación 1999/519/EC, derivado de la restricción básica.
- La aplicación es obligatoria a menos que el valor esté en corchetes.
- Tipo de letra itálica: límite de exposición obligatoria en términos del campo externo afuera del cuerpo.

1. Distancias mínimas a líneas de alta tensión y sistema de distribución eléctrica, diferenciados por voltaje; regulación separada para unidades móviles de transmisión de video.
2. Para nuevos desarrollos: acuerdo entre gobierno local y el sector eléctrico para examinar medidas que reduzcan campos magnéticos si la exposición promedio anual es mayor a 0.4 μT3
3. Para estaciones base con distancia menor a 300m de ubicaciones "sensibles" (escuelas, hospitales, jardines de niños y centros de cuidados); de otro modo: 35 V/m, 0.11 μT, 3.1 W/m2 (900 MHz); 49 V/m, 0.16μT, 6.3 W/m2 (1800 MHz); 51 V/m, 0.17 μT, 7 W/m2 (2100 MHz)
4. Para nuevas instalaciones cerca de áreas infantiles, escuelas, casas; 10 μT para instalaciones existentes cerca de áreas infantiles, escuelas y casas; 1999/519/EC para el resto.
5. 5) Para casa-habitación y sus espacios exteriores, en escuelas y áreas de juego infantiles; en ubicaciones con estancia mayor a 4 horas; en otro caso 20 V/m, 0.06 μT, 1 W/m2.
6. Aplica para casas, hospitales, centros de salud, edificios públicos y turísticos, escuelas, guarderías, áreas infantiles, parques y áreas de recreación; de otro modo, 1999/519/EC para límites de fuerza de campos eléctrico y magnético exteriores, pero optimiza orden de fases para lugares de uso sensible.
7. Nuevas instalaciones en lugares sensibles (edificios en los cuales con estancia larga, áreas infantiles); para instalaciones se limita la fuerza del campo magnético externo y la densidad de flujo magnético aplica 1999/519/EC, pero optimiza orden y fases en lugares de uso sensible.
8. Límite por ubicación para nuevas y existentes instalaciones en lugares de uso sensible; límite para exposición agregada a múltiples ubicaciones se aplica 1999/519/EC.
9. Sin regulación federal; límites fijados en algunos estados, otros estados tienen políticas de "evitación prudente" (medidas para reducir la exposición de la población a un costo razonable.

dicha entidad no ha ejercido acción alguna sobre esta atribución.

La Reforma de las telecomunicaciones, según Decreto publicado en el Diario Oficial el 11 de junio de 2013, dio lugar a la creación del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFETEL), nueva entidad que sustituye las funciones, atribuciones y competencias de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL), desapareciendo esta última.

Asimismo, la nueva Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR), publicada en el diario oficial (DO) el 14 de julio de 2014, establece en relación a la REM que "en el despliegue y operación de infraestructura inalámbrica se deberá observar el cumplimiento de los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes que el Instituto defina en colaboración con otras autoridades competentes."(Art. 65)

La Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER) define a la regulación de carácter social como aquella que contiene las "disposiciones que buscan proteger el medio ambiente y la salud humana, animal y vegetal, así como establecer condiciones para el ejercicio de profesiones y para las relaciones laborales". Existen varias normas vinculadas a la emisión de REM y su impacto en la salud humana, descritas a continuación.

En el ámbito local, corresponde a los Municipios el regular la instalación de estructuras que soporten equipos de telecomunicaciones. Por ejemplo, en el caso de Jalisco, el Código Urbano, define los usos de suelo y los servicios que pueden instalarse en cada uno.

En la creación de una norma oficial, las dependencias deben fijar los tiempos a los cuales estará sujeto el proceso, desde su emisión hasta el período, en días máximos, para tomar una determinación sobre su aprobación; este proceso implica tomar en cuenta la opinión de expertos, interesados y regulados mediante grupos de trabajo e incluir una consulta pública previa a la aprobación o rechazo de la norma. Además, tienen la obligación de crear comités consultivos nacionales de normalización, con el propósito de mantener actualizadas las normas existentes y de proponer la creación de otras.

Las NOMs son las regulaciones técnicas en el ámbito de su competencia o por los órganos desconcentrados facultados para ello regidas por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodologías aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación.

El primer antecedente de regulación data del año 1993, con la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) de la NOM-013-STPS-1993 relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas no ionizantes, que establece las "longitudes de onda de 10^{6} a 10^{-8} cm (cien millones a un cienmillonésimo de centímetro) del espacio electromagnético y que incluye ondas de radio, microondas, radiaciones: laser, maser, infrarroja, visible y ultravioleta." Es decir, define los límites de la radiación a la que las personas pueden estar expuestas por su trabajo de manera constante. Nom-013_STPS- 1993.pdf

De acuerdo con la Ley Federal de Metrología y Normalización, esta norma fue objeto de una primera revisión quinquenal por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo quien determinó, en coordinación con el Comité respectivo de Regulación y Fomento Sanitario de la SS, la modificación de la norma con la finalidad de eliminar lo relativo a las radiaciones de radiofrecuencia, microondas y visibles, además de eliminar las tablas de límites máximos permisibles, estableciendo en su lugar la aplicación de medidas de control. Se establecerán otras modificaciones derivadas de lo anterior. "NOM-013-STPS-1993-2002 Modificación.pdf"

Para la segunda revisión se solicitó al IMSS un análisis y estudio estadístico de casos referidos a la norma entre los años 2001 y 2007, que sirvieron de base para ratificar la vigencia de la norma en el estado en que se encontraba al determinar

que no se había registrado un incremento en los padecimientos relacionados con la exposición a REM no ionizantes. NOM-013-STPS-1993-2007 Ratificación.pdf

En la más reciente revisión realizada en 2012, se ratificó la vigencia de la norma al tiempo que se recomendaba la necesidad de incorporarle algunos cambios:

- Actualizar sus disposiciones normativas
- Revisar los tipos de radiaciones no ionizantes en los ambientes laborales, sus límites máximos permisibles y las metodologías para su elaboración;
- Estandarizar los capítulos de reconocimiento, evaluación y control para este agente contaminante del ambiente laboral;
- Fortalecer el programa para la prevención de alteraciones a la salud del personal ocupacionalmente expuesto.
- Incorporar el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad, y

Prever el uso y aplicación para la Evaluación del Cumplimiento de la Normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo." NOM-013-STPS-1993-2012.pdf

El 9 de enero de 1996 se publicó en el DOF la NOM-048-SSA1-1993, que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales, cuyo objetivo es:

> "Definir el contenido básico para un programa de evaluación de riesgo epidemiológico a la salud del hombre por exposición a agentes potencialmente dañinos en el ambiente general y de trabajo. Esta información es necesaria para la toma de decisiones en la protección contra efectos indeseables en la salud humana y para coadyuvar en la práctica de medidas de control." Nom-048-Evaluaciónde riesgos.pdf

Ésta NOM permite evaluar el riesgo mediante tres acciones: identificación del agente causal; identificación de la forma de exposición, y; caracterización del riesgo para la salud, tanto para la población abierta como para la confinada a un centro de trabajo.

En el ámbito de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se trabajó un proyecto de Norma Oficial Mexicana como parte del Programa Nacional de Normalización de 2005, que se refería a la adopción de "medidas de seguridad para el cumplimiento con los límites de exposición máxima de seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz en el entorno de emisores de radiocomunicaciones." Este proyecto de norma no se concretó, y fue hasta el 2012 cuando resurgió, pero fue rechazado por los comisionados de la extinta COFETEL.

Por último, es importante resaltar el hecho de que la SEMARNAT, como primera dependencia federal responsable de la regulación de la prevención de la contaminación ambiental originada por la emisión de REM, no haya presentado a la fecha proyecto de norma en esta materia.

En lo referente a la instalación de infraestructura de telecomunicaciones. Para el caso de la telefonía móvil, en uso de suelo Habitacional y Mixto Barrial, no se debe puede instalar servicios de telecomunicaciones. Sin embargo, existen múltiples instalaciones irregulares en estas ubicaciones, lo que aumenta la posibilidad de una exposición a altos niveles de radiación en espacios sensibles.

En materia de Telecomunicaciones, el Instituto Federal de Telecomunicaciones o IFT es la autoridad en materia de lineamientos técnicos relativos a la infraestructura y los equipos que se conecten a las redes, mediante la emisión de disposiciones técnicas (DT) para regular las características y la operación de productos, dispositivos y servicios de telecomunicaciones y radiodifusión y en su caso, la instalación de los equipos, sistemas y la infraestructura en general asociada a éstos, así como las

RESUMEN DEL MARCO REGULATORIO EN MÉXICO SOBRE LA EMISIÓN Y EXPOSICIÓN HUMANA A RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES EN 2016				
Tendencia/ Autoridad	Facultad	Base jurídica	Norma oficial mexicana	Estatus
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales	Expedición de NOM´s y vigilancia de su cumplimiento	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental; Art. 5, fracción V	Sin Norma Oficial Mexicana (junio, 2016)	–
	La regulación de la prevención de la contaminación ambiental originada por radiaciones electromagnéticas	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental; Art. 5, fracción XV	Sin Norma Oficial Mexicana (junio, 2016)	–
Secretaría del Trabajo y Previsión Social	Normar los tiempos e intensidad de la exposición ocupacional	Art. 2o., 3o. y 5o. del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y 5o. del Reglamento interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión SOcial	NOM-013-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas no ionizantes	Vigente
Secretaría de Salud	La prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre	Ley General de Salud; Art 3o, fracción XIII	NOM-048-SSA1-1993. Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales. A partir de la reforma a la LGS en 2001, que dio lugar a la creación de la COFEPRIS, este órgano ejercerá las facultades que le confiere la Ley a la SS en materia de regulación, control y fomento sanitarios, encargándose también de la elaboración y expedir las normas oficiales mexicanas (ls) Art. 178	
	La salud ocupacional y el saneamiento básico	Ley General de Salud; Art 3o, fracción XIV		Vigente
	Establecer las normas, tomar las medidas y realizar las actividades tendientes a proteger la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente	Ley General de Salud; Art 116		
INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES	Definir límites de exposición humana	Ley Federal de Telecomunicaciones y Salud; Art. 85.	Disposición Técnica: Límites de exposición humana	En proceso (2014)

especificaciones que se refieran a su cumplimiento o aplicación .

Sin embargo, no se cuenta con información de que en la instalación de infraestructura de telecomunicaciones, el IFT haya solicitado la colaboración de otras dependencias involucradas en la definición de los límites de exposición humana a campos electromagnéticos, lo cual plantea la cuestión de que tales límites deberían combinar criterios técnicos y aspectos preventivos asociados al ambiente y la salud.

El escenario es complejo, ya que las normas existentes son parciales e incompletas, y la colaboración entre dependencias supone la preeminencia de la parte técnica sobre la de regulación, control y vigilancia de la contaminación derivada de la REM. Las distintas dependencias involucradas (SEMARNAT, COFEPRIS, STPS) deberán generar y /o actualizar sus normas.

Al analizar el esquema prevaleciente en el país, existe la percepción de que se cuenta con una base normativa sin vinculación real y efectiva entre las distintas dependencias, en cuanto a sus atribuciones y alcances. Las normas que aplican las dependencias no se conectan entre sí, con el agravante de que las disposiciones técnicas que el IFT emite no toman en cuenta el aspecto de salud pública inherente a la REM.

Para desarrollar una regulación integral a la exposición humana a campos electromagnéticos, se debe considerar:

- Normar los rangos de emisión en el ambiente.
- Normar la exposición humana no ocupacional.
- Crear los métodos para la verificación del cumplimiento de las normas.
- Normar los tiempos e intensidad de la exposición ocupacional.

En el transcurso de los últimos veinte años, la industria de las telecomunicaciones en México se convirtió en un insumo estratégico y vital para el país donde las empresas compiten en el mercado.

En el año 2014 la política de crecimiento por el acceso, promovida por el gobierno lanzó la denominada Estrategia Digital Nacional [DOF, 2014], que incluyó la reforma a la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión [DOF, 2015] y programas tales como "México Conectado" dieron su aparición cuyo objetivo es llevar internet de alta velocidad a todo el país.

Sin embargo, así como estas tecnologías, equipos y dispositivos que reciben y emiten radiación electromagnética han traído muchos beneficios al ser humano, igualmente han generado la proliferación de agentes contaminantes "posiblemente cancerígenos", actualmente clasificados 2B.

Se reitera lo estipulado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que establece en su Artículo 4°, cuarto párrafo, que toda persona tiene derecho a la protección de la salud y, particularmente: "a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, por lo cual el estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley".

Como ya se mencionó, la "Contaminación Ambiental Electromagnética" o "Electropolución" es reconocida en la LEGEEPA, sin embargo, al día de hoy no existe un proceso de creación de NOM que regule la emisión de este contaminante y vigile su cumplimiento, que recae principalmente en el ámbito federal al ser el Estado quien regula el uso del espectro radioeléctrico (LEGEEPA, Art. 5, f. V y XV).

La reforma a la LFTyR dio nacimiento al Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), organismo autónomo que tomó atribuciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) con el propósito de promover y reforzar el sector. El Art. 65 de esta ley otorgó al IFT la atribución de definir los límites de exposición humana a campos electromagnéticos en el rango de los 100Hz a los 300 GHz en colaboración con otras dependencias. De este mandato han nacido dos propuestas, en febrero del 2020, el IFT emitió dos Disposiciones Técnicas (DT), a grosso modo, la IFT-007-2019 para límites de exposición humana producto de antenas y la IFT-012-2019 para el SAR, Índice de Absorción Específica, que establece límites a la radiación electromagnética emitida por celulares y otros dispositivos cercanos como pueden ser laptops y tabletas. Sin embargo, poco o nada se ha hecho para su puesta en marcha y cumplimiento. A casi 10 años de la creación del IFT, el siguiente texto aborda acciones y omisiones en el camino de la regulación de la exposición humana y su implementación.

A continuación, los hechos escritos por el M.T.I. Emmanuel Abundis

1.-A pesar de contar con el **Proyecto de NOM-126-SCT-2012** hecho por la COFETEL en 2012, al **IFT le tomó 6 años y 5 meses** emitir una regulación. Sin dejar de lado que la protección solo incluye efectos térmicos, ignorando posibles efectos biológicos adversos, límites similares los usa EE.UU., la FCC (Federal Communications Commission) **desde 1996** y la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante) **desde 1998**, con algunas diferencias como el límite SAR (Tasa de Absorción Especifica) para cabeza, **1.6 W/Kg (FCC) vs 2.0 W/Kg (ICNIRP)**, este último adoptado por el IFT.

Si tomamos en cuenta el **Programa Nacional de Normalización 2005** que ya incluía esta regulación, a las dependencias del sector les tomó 15 años emitir los primeros documentos regulatorios.

2.-La razón principal de regular un factor ambiental al que los humanos estamos expuestos, es el de la protección de la salud humana y ambiental (la radiación electromagnética es un contaminante reconocido por la ley ambiental [LGEEPA,Art 5, f XV.], mas no regulado por SEMARNAT). Sin embargo, en el documento de la DT-007 no se aborda el tema de la salud. El término "SALUD" se menciona únicamente 4 veces, dos como parte de la Organización Mundial de la Salud, una en relación a la NOM-013-STPS que regula la exposición laboral a campos electromagnéticos y solamente una vez como parte de la preocupación de usuarios. En el documento de la DT IFT-012, no se hace ninguna mención de la salud.

3.-En el documento de la DT-007 se hace referencia al tema de la exposición humana como uno que "...ha generado preocupación entre los usuarios y en la población en general...". No obstante, omite mencionar las causas que han generado tal preocupación, esto es, la salud. Omite también, dentro de la presentación del contexto, que en el 2011 la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer de la OMS clasificó a las emisiones inalámbricas de las telecomunicaciones (RF) como un "Posible Carcinógeno Humano" y reconoció a infantes como un grupo sensible pues la radiación absorbida en sus cerebros puede ser el doble y hasta 10 veces más en la médula ósea de sus cráneos que en adultos. Por otro lado, si se hace referencia a la OMS como aval de la ICNIRP, ONG sin responsabilidad legal por sus recomendaciones y con múltiples casos de conflictos de interés.

4.-En cuanto a los beneficios de la DT, tampoco se hace mención alguna de la protección de la salud. "Los beneficios que se pretenden al emitir la Disposición Técnica de mérito son primordialmente:

La emisión de una disposición administrativa de carácter general dará certeza jurídica a todos los involucrados.

Se prevé que sea un elemento más a observar para el despliegue de infraestructura inalámbrica al poder brindar a las autoridades municipales, estatales, y federales los elementos técnicos de referencia para la autorización del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones y radiodifusión."

5.-Desde su creación y hasta la fecha, incluso ahora que ya cuenta con dos disposiciones técnicas que establecen límites para exposición humana, el sitio web del IFT (https://www.ift.org.mx) no ha ofrecido información general para los usuarios sobre un tema que regula, menos aún, consejos para reducir la exposición dirigida a quienes tengan la inquietud y mucho menos para infantes a quienes la OMS reconoce como un grupo sensible. El usuario no tiene acceso a conocer, con ayuda del regulador, los valores SAR para considerarlo al momento de adquirir un equipo. Aquí un listado de mediciones SAR (https://data.anfr.fr/anfr/visualisation/table/?id=ad8014ec-f631-450e-a259-799188714ef9) del regulador francés.

¿Qué es el SAR? (https://www.anfr.fr/controle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/le-das/presentation-du-das/) Información de la Agence National des Fréquences. ANFR.

Recomendaciones de uso del celular de la Agence National de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, ANSES. Se puede activar traducción al español. https://youtu.be/8oiaU2ThdRo

6. El IFT NO ha realizado ningún foro presencial o virtual sobre un tema que regula (abundan para otros temas), además no cuenta con un grupo de trabajo que incluya al regulador, regulados, academia e interesados. Aquí un ejemplo del grupo creado en 2015 por el regulador francés. *Le Comité national de dialogue relatif aux niveaux d'exposition du public aux ondes*

7.- El IFT NO tiene una estrategia de comunicación, ya sea en su sitio de internet, radio, TV o publicidad estática para:

Dar a conocer la existencia de estas Disposiciones Técnicas

Informar a los usuarios cómo y dónde hacer una petición de información al respecto de estas Disposiciones o solicitar una verificación de niveles de exposición.

Como comparación, para beneficio de los usuarios, el IFT ha creado y publicitado por distintas vías, 3 micrositios para otros temas también importantes como:

soyusuario.ift.org.mx, para levantar inconformidades por servicios de telecomunicaciones.

comparador.ift.org.mx, para comparar servicios de telecomunicaciones.

http://www.ift.org.mx/conocetuvelocidad, para saber la velocidad de los servicios de internet.

8. Ante la falta de información, realizamos una llamada al 800 2000 120, número de atención al usuario localizado en el sitio web del IFT. La calidad de la llamada fue muy mala y nos costó trabajo entender al representante quién nos proporcionó el correo atencion@ift.org.mx para presentar una petición de verificación.

En el correo se solicitó información sobre los niveles de radiación de unas antenas ubicadas justo a un costado de un conjunto habitacional en Zapopan, Jal., en un uso de suelo habitacional (**en este municipio y para este uso de suelo, no está permitida la instalación de infraestructura de telecomunicaciones. Normatividad aplicable Zapopan**). Las antenas tienen incidencia de haz directa sobre algunas viviendas. Se incluyeron las coordenadas de la torre para que fuera más precisa la solicitud. En la respuesta automática se informó que, a más tardar, en 7 días hábiles recibiríamos una respuesta.

Recibimos la información 11 días hábiles después. Además de recibir la información 4 días hábiles después de lo prometido, la respuesta fue sorprendente, ya que para entonces había transcurrido un año de la emisión de las DT. Respuesta: "**Por otra parte, le informamos que este Instituto aún no ha emitido ninguna regulación sobre la emisión de ondas de las antenas de telecomunicaciones y su impacto en la salud; le pedimos estar pendiente de nuestra página electrónica (www.ift.org.mx), así como de las noticias a fin de que pueda consultar el documento una vez que sea publicado.**"

La oficina de atención al usuario del IFT no sabía que el Instituto había emitido dos Disposiciones Técnicas relativas a la exposición humana a campos electromagnéticos.

9. Aunque ya hace varios que fueron emitidas las DT, el **IFT no cuenta con un Organismo Certificador para la DT-007-2019** (verificación de niveles de emisión de antenas), según muestra su listado en el sitio de internet del Instituto. Si el listado no está actualizado, también es grave y muestra desinterés.

http://www.ift.org.mx/industria/lista-de-organismos-de-certificacion

10. Finalmente, no se conoce de alguna estrategia que el IFT tenga en consideración para monitorear las emisiones sobre todo en entornos con alta densidad de antenas y personas, y/o con presencia de grupos de población sensibles. Sin embargo, un funcionario del IFT que participó en la mesa redonda organizada por la empresa TES América "**Gestión de la Percepción del Riesgo en Radiación No Ionizante (RN)**", afirmó que "Dentro de sus facultades de vigilancia y verificación del reglamento técnico, por su cuenta el instituto realiza mediciones de acuerdo a un programa anual, con criterios que delimitan las ciudades y los sitios donde se realizarán, especialmente donde haya mayor densidad de población... estamos regulando, midiendo y en su caso sancionando cuando no se cumplen los parámetros". Se realizó una solicitud de información vía Transparencia para verificar estas afirmaciones, las cuales resultaron no ser ciertas. **Aquí la respuesta completa**.

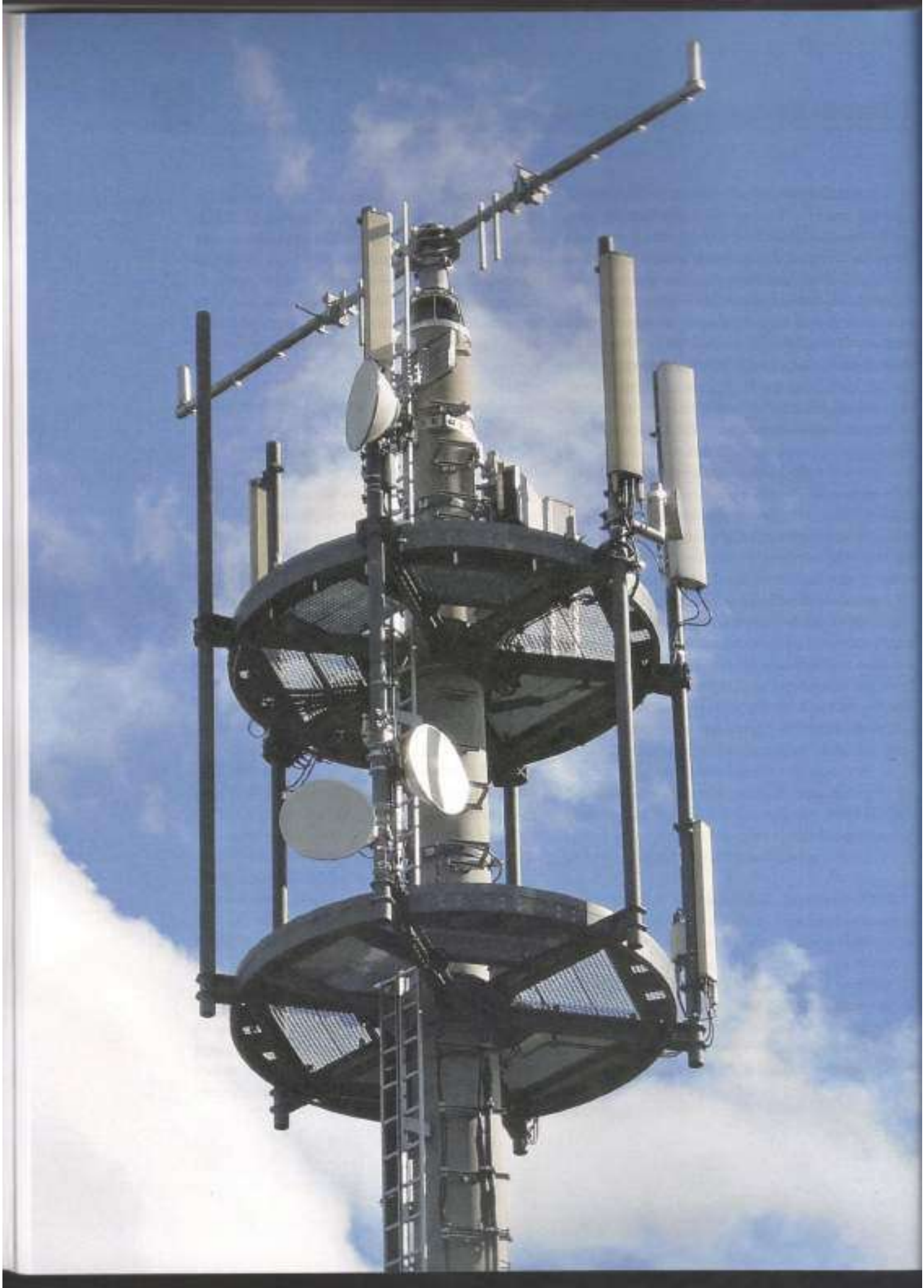
En resumen, la información recibida, es la siguiente:

a. Debido a la pandemia por COVID-19, el Pleno del IFT decretó una suspensión de labores que terminó el 20 de agosto del 2020.
b. No hay Programa de Verificación.
c. Actualmente, apenas se está llevando a cabo el proceso administrativo para la compra del equipo que permita realizar las mediciones respectivas y,
d. No se está midiendo ni sancionando.

Para darnos una idea de qué se podría hacer y cómo, a continuación algunos ejemplos verificados de monitoreo.

- **Francia, Observatoire des Ondes**
- **Alemania, EMF Karte**
- **Provincia de Cataluña, España, Gobernanza Radioeléctrica**
- **Colombia, Sistema de Monitoreo de Campos.**

Conclusión: Este escenario no abona a dar certeza ni atiende la preocupación que la población tiene por los efectos en la salud, sobre todo tomando en cuenta la llegada de 5G que cambiará la manera en la que estaremos expuestos y eventualmente con fuentes de exposición cada vez más numerosas y cercanas que aumentarán la presencia de la radiación.



Capítulo II
Conceptos Sobre Radiación Electromagnética

2.1 Introdución

Crear un campo protector artificial que proteja a voluntad la población del planeta probablemente sería uno de los inventos más relevantes hechos por el hombre, sin lugar a dudas los inventores serían candidatos al premio Nobel, sin embargo, por el momento sólo contamos con campos de fuerza naturales y afortunadamente gracias a ellos existe vida en el planeta y desde siempre nos han protegido de las radiaciones del sol e inclemencias del sistema planetario donde radicamos. Si contáramos con un campo protector artificial adaptado de acuerdo a la manifestación de una contingencia sería un campo que nos protegería ya sea de un virus como SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome-Corona Virus-2) o de cualquier otro tipo de peligro, en resumen, sería "la solución ideal" para proteger a la humanidad, de efectos externos dañinos.

Ya desde tiempo atrás los científicos y en especial los creadores de comics han aportado mucho a esta idea, pero resulta, que crear un campo protector artificial es quizás uno de los inventos más difíciles a diseñar en el laboratorio según relata el Dr. Michio Kaku en su libro Physics of the Impossible (Kaku 2009). En lugar de eso, la protección actual es utilizar cubre bocas como lo ha sido durante la última pandemia del Covid-19 y aunque los médicos y la comunidad científica han hecho mucho para enfrentar a este virus se vieron rebasados por las limitaciones farmacéuticas con que contaban y una desgracia humanitaria paralizó al planeta con millones de decesos. Adicionalmente en la búsqueda de soluciones proliferaron remedios caseros que sugieren incrementar la inmunidad del ser humano, parar intentar darle una especie de campo protector interno mientras el planeta esperó una vacuna que pudiese evitar y/o eliminar el virus de una buena vez de manera global.

2.2 Campo de fuerza

El concepto de campo de fuerza tiene su origen en los trabajos de un gran científico británico del siglo XIX, Michael Faraday. Así como la bombilla inventada por Edison iluminara al mundo para dar un salto hacia una civilización moderna, el concepto de campo de fuerza fue la llave para crear uno de los más grandes descubrimientos hechos por la humanidad "la electricidad artificial mediante el uso de campos magnéticos".

El concepto de campo de fuerza fue introducido para explicar la acción a distancia de las fuerzas de gravedad, eléctrica y magnética, aunque con el tiempo su significado se ha extendido substancialmente, para describir variaciones de temperatura, tensiones mecánicas en un cuerpo, propagación de ondas, etc. La noción de campo permite que una cosa pase de un estado potencial a un estado individual.

En física el concepto surge ante la necesidad de explicar la forma de interacción entre cuerpos en ausencia de contacto físico y sin medios de sustentación para las posibles interacciones. La acción a distancia se explica, entonces, mediante efectos provocados por la entidad causante de la interacción, sobre el espacio mismo que la rodea, permitiendo asignar a dicho espacio propiedades medibles. Así, será posible hacer corresponder a cada punto del espacio valores que dependerán de la magnitud del cuerpo que provoca la interacción y de la ubicación del punto que se considera. Los dos campos relacionados con la emisión de radiación electromagnética son el campo eléctrico y el campo magnético.

El campo eléctrico es un campo físico que se representa por medio de un modelo que describe la interacción entre cuerpos y sistemas con propiedades de naturaleza eléctrica. Los campos eléctricos pueden tener su origen tanto en cargas eléctricas

como en campos magnéticos variables. Las primeras descripciones de los fenómenos eléctricos, como la ley de Coulomb, solo tenían en cuenta las cargas eléctricas, pero las investigaciones de Michael Faraday y los estudios posteriores de James Clerk Maxwell permitieron establecer las leyes completas en las que también se tiene en cuenta la variación del campo magnético.

Un campo magnético es una descripción matemática de la influencia magnética de las corrientes eléctricas y de los materiales magnéticos. El campo magnético en cualquier punto está especificado por dos valores, la dirección y la magnitud; de tal forma que es un campo vectorial.

Una forma de demostrar estos principios sería si una persona coloca limaduras de hierro alrededor de un imán (ilustración 2.1), se verá como las limaduras crean un dibujo de una telaraña llenando el espacio alrededor del imán. Estás líneas se les denomina líneas de fuerza de Faraday, las cuales gráficamente describen como los campos de fuerza de electricidad y magnetismo impregnan el espacio. Si se graficara los campos magnéticos de la tierra, por ejemplo, veríamos que las líneas salen al espacio desde el polo norte recorren el planeta hasta llegar al polo sur (ilustración 2.1). Es lo mismo para líneas de cables que transportan electricidad. El espacio vacío no está tan vacío, sino que está lleno de líneas de fuerza que pueden hacer mover a distancia objetos. Este último hecho permitió la idea de poder generar electricidad haciendo generadores, que transforman energía ya sea producida por el agua, por los vientos o el vapor que emana del centro de la tierra en energía en eléctrica, utilizando el concepto de movimiento de imanes y generando mediante el campo magnético electricidad.

En estos últimos 200 años, científicos e ingenieros dedicaron su tiempo a dominar, controlar, generar y utilizar la electricidad. La electricidad y el magnetismo nacen de una misma fuerza, la fuerza electromagnética que es una de las cuatro fuerzas fundamentales del universo, con ello, esta

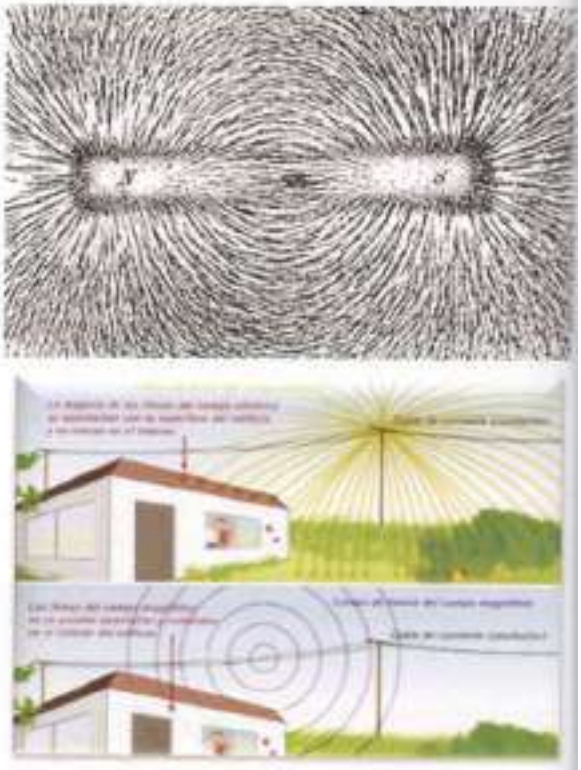


Ilustración 2.1 Visualización del campo de fuerza invisible

generación humana acepta y convive con una increíble cantidad de campos electromagnéticos artificiales, cuya principal fuente de exposición diaria e inadvertida ha empezado a preocupar al ser humano, debido por un lado al gran auge y desarrollo tecnológico de las últimas décadas que ha modificado el medioambiente electromagnético natural que nos rodeaba y por otro la aparición temprana de enfermedades crónico degenerativas que han invadido hospitales y que han puesto en alerta a toda la comunidad médica por no saber cómo diagnosticar en tiempo estas nuevas y tempraneras enfermedades, adicionalmente la aparición de nuevos diagnósticos relacionados con la denominada hipersensibilidad electromagnética en el ser humano.

Michael Faraday, Reino Unido (22 de sept. de 1791 - 25 de ago. de 1867), fue un físico británico que estudió el electromagnetismo y la electroquímica. Sus principales descubrimientos incluyen la inducción electromagnética, el diamagnetismo y la electrólisis.

Faraday fue un excelente experimentador, que transmitió sus ideas en un lenguaje claro y simple. Sus habilidades matemáticas, sin embargo, no abarcaban más allá de la trigonometría y el álgebra básica. James Clerk Maxwell tomó el trabajo de Faraday y de otros científicos y lo resumió en un grupo de ecuaciones que representan las actuales teorías del fenómeno electromagnético. El uso de líneas de fuerza por parte de Faraday llevó a Maxwell a escribir que "demuestran que Faraday ha sido en realidad un gran matemático. Del cual los matemáticos del futuro derivarán valiosos y prolíficos métodos".

En junio de 1832, la Universidad de Oxford concedió a Faraday el grado de Doctor of Civil Law (honorario). Durante su vida, la corona británica le ofreció un título de caballero, en reconocimiento a sus servicios a la ciencia, el cual fue rechazado por motivos religiosos. Faraday creía que acumular riquezas y perseguir recompensas mundanas atentaba contra la palabra sagrada de la Biblia, prefiriendo seguir siendo llamado "simplemente Sr. Faraday, hasta el final".

2.3 Elementos en la creación de la radiación electromagnética no ionizante o REM

Como se comentó anteriormente un campo es como la zona de influencia ejercida en el espacio que rodea un cuerpo emisor. Como por ejemplo un cable que transporta electricidad es envuelto de una nube invisible, llamado "campo" (ver ilustración 2.1). Las corrientes eléctricas y los imanes generan alrededor de ellos lo que llamamos un campo. Su valor es medible y calculable aun cuando no es idéntico en todos los puntos, visualmente se forma por líneas de fuerza creando ovoides concéntricos. Alrededor de un cable que transporte una corriente eléctrica hay dos campos estrechamente ligados: un campo eléctrico y un campo magnético. Los campos eléctricos están constituidos de cargas elementales. Las cargas eléctricas elementales positivas se les denomina protones y las cargas eléctricas elementales negativas, electro-

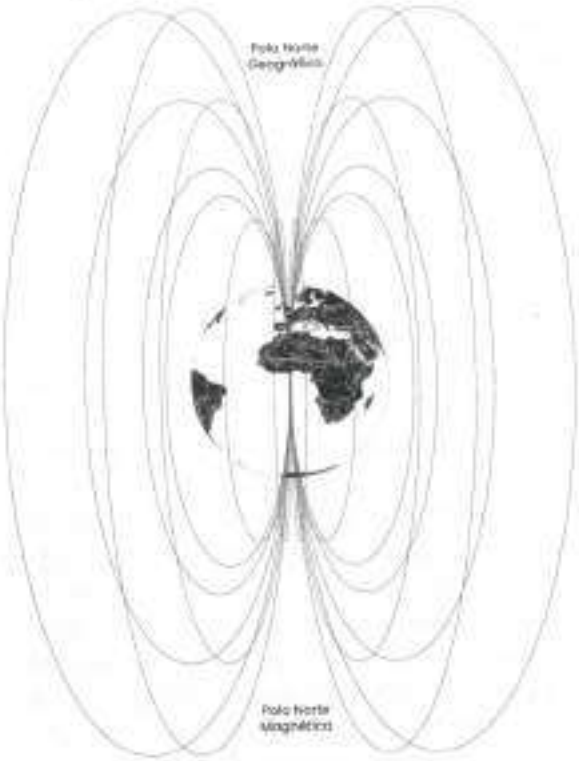


Ilustración 2.2 Campo magnético de la Tierra

nes. Un simple átomo de materia puede contener varias cargas elementales. La carga eléctrica total sobre un objeto representa su voltaje o tensión. Podemos comparar la noción de campo de fuerza eléctrica a la muy conocida fuerza de gravitación. Sabemos que alrededor de una masa (por ejemplo, la tierra, un planeta, una estrella o nuestro cuerpo) existe una zona de influencia denominado campo gravitacional. Todos los objetos son atraídos por la masa del planeta tierra o lo que se llama atracción terrestre.

Analógicamente hablando en un campo eléctrico, una carga eléctrica positiva atrae a distancia cargas eléctricas negativas y rechaza cargas eléctricas del mismo signo. Dicho de otro modo, los campos eléctricos representan las fuerzas que las cargas eléctricas ejercen a distancia sobre otras cargas porque están cargadas eléctricamente. La intensidad de la carga eléctrica se mide en volts. En el caso del campo magnético se podrían entender como un campo gravitacional que existiría siempre que haya movimiento. Un conjunto de cargas moviéndose en la misma dirección constituye una corriente eléctrica y entre más cargas en movimiento haya la intensidad de corriente será más intensa. La intensidad de una corriente eléctrica se mide en amperes. La intensidad de un campo magnético se puede medir en Gauss (con sus múltiplos y submúltiplos), Tesla (con sus múltiplos y submúltiplos) y el ampere por metro (A/m).

Volt (V): Esta unidad mide la tensión o la diferencia de potencial. A la circulación de corriente se le compara muy seguido con la corriente de agua. En este caso el amperaje equivale a la cantidad de agua que pasa por segundo, mientras que el voltaje representa la desnivelación entre la cima y la parte más baja de una caída de agua. Se entiende que entre más grande sea la diferencia de nivel más potente será el flujo de agua. Sería lo mismo para el voltaje.

2.4 Definición de la Radiación Electromagnética

La radiación electromagnética (REM) es la propagación de energía en formas de ondas electromagnéticas a través del vacío o de un medio material a la velocidad de la luz. Los campos electromagnéticos son áreas de energía que rodean a los dispositivos eléctricos y se originan por el movimiento de cargas eléctricas. Se componen de campos eléctricos y magnéticos oscilantes combinados. Entre los fenómenos físicos asociados con la radiación electromagnética se encuentra: la luz visible, el calor radiado, las ondas de radio y televisión, las ondas de redes de celulares, las ondas WiFi, los rayos X, los rayos gamma, etc. Todos estos fenómenos consisten en la emisión de REM en diferentes rangos de frecuencias. La ordenación de los diversos tipos de REM por su frecuencia o por su longitud de onda, recibe el nombre de espectro electromagnético (Fig. 2.2). La REM se clasifica en ionizante y no ionizante la característica principal de la primera es poseer suficiente energía para ionizar la materia al situarse en un rango de frecuencia elevado. Por su parte, la radiación no ionizante no lleva asociada energía suficiente para producir el proceso de ionización al no generar iones y sus efectos térmicos solo son percibidos por el ser humano en el rango de las microondas.

Esto no significa que la radiación no ionizante no pueda tener efectos negativos en la salud. En el año 2002 la agencia internacional de investigación sobre el cáncer (IARC) evaluó los riesgos de la radiación no ionizante en el rango de frecuencias extremadamente baja (ELF), clasificándola como un agente posiblemente carcinogénico para el ser humano Grupo "2B" (IARC, 2002). Posteriormente en 2011 la misma IARC evaluó el riesgo de cáncer asociado a la exposición a radiación no ionizante en el rango de radiofrecuencias (RF), siendo catalogada de igual manera como posible carcinogénico "2B" (IARC, 2011) (Fig. 2.2).

Al conjunto de REM no ionizante generada ya sea por la infraestructura eléctrica y de telecomu

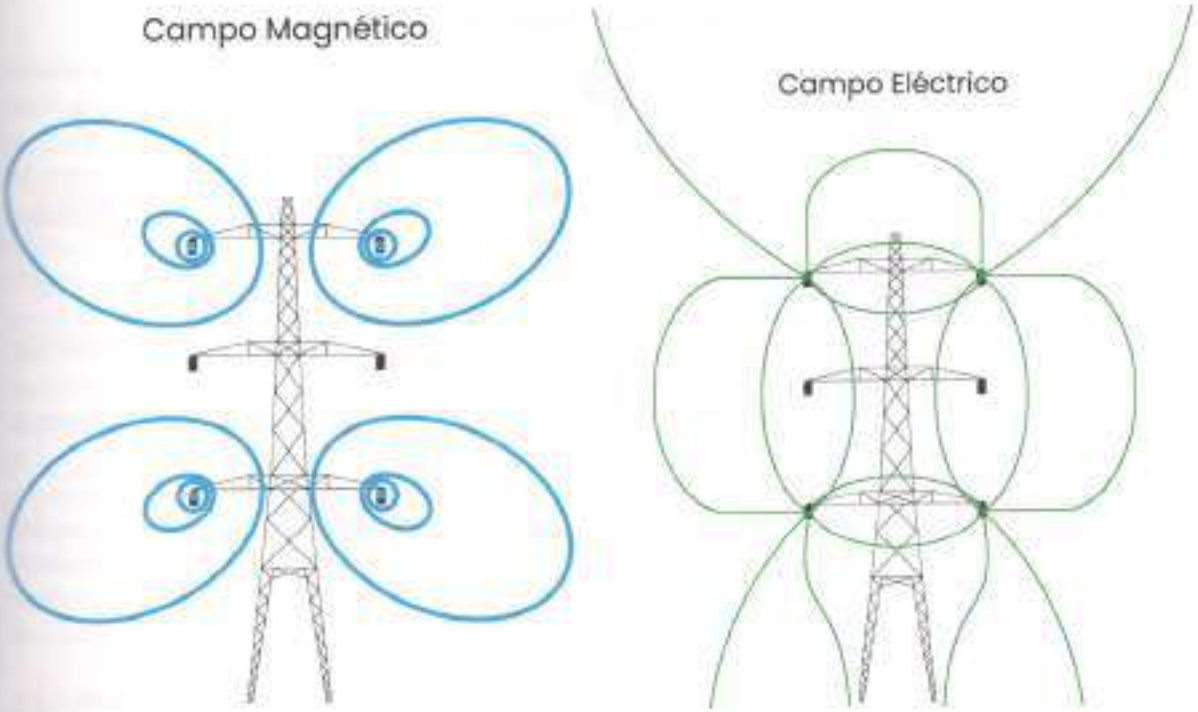


Figura 2.1
Líneas de fuerza del campo eléctrico y magnético

Ampère (A): Es la cantidad de cargas eléctricas que circulan en una corriente. La electricidad en las casas funciona entre 1 y 30 amperes. Las corrientes que circulan dentro de nuestro organismo se miden en miliamperes (mA milésima de ampere) o en microamperes (μA o millonésima de ampere).

Gauss (G): Es la Unidad para medir la intensidad del campo magnético, aunque existen otras unidades como el tesla, oersted y ampere/metro, el gauss es la unidad más utilizada para estimar los campos en nuestro medio ambiente natural y artificial. El campo magnético terrestre por ejemplo mide aproximadamente medio gauss 0.5 G y los campos emitidos por la corriente eléctrica y los aparatos domésticos se miden en miligauss (mG).

tesla (T): Es la unidad de inducción magnética (o densidad de flujo magnético) del Sistema Internacional de Unidades (SI). Fue nombrada así en 1960 en honor al ingeniero e inventor Nikola Tesla.[1] El nombre de la unidad debe escribirse en minúsculas, mientras que su símbolo se escribe con mayúscula.

[1] tesla es equivalente a: 10 000 **gauss** (G), unidad utilizada en el Sistema Cegesimal de Unidades

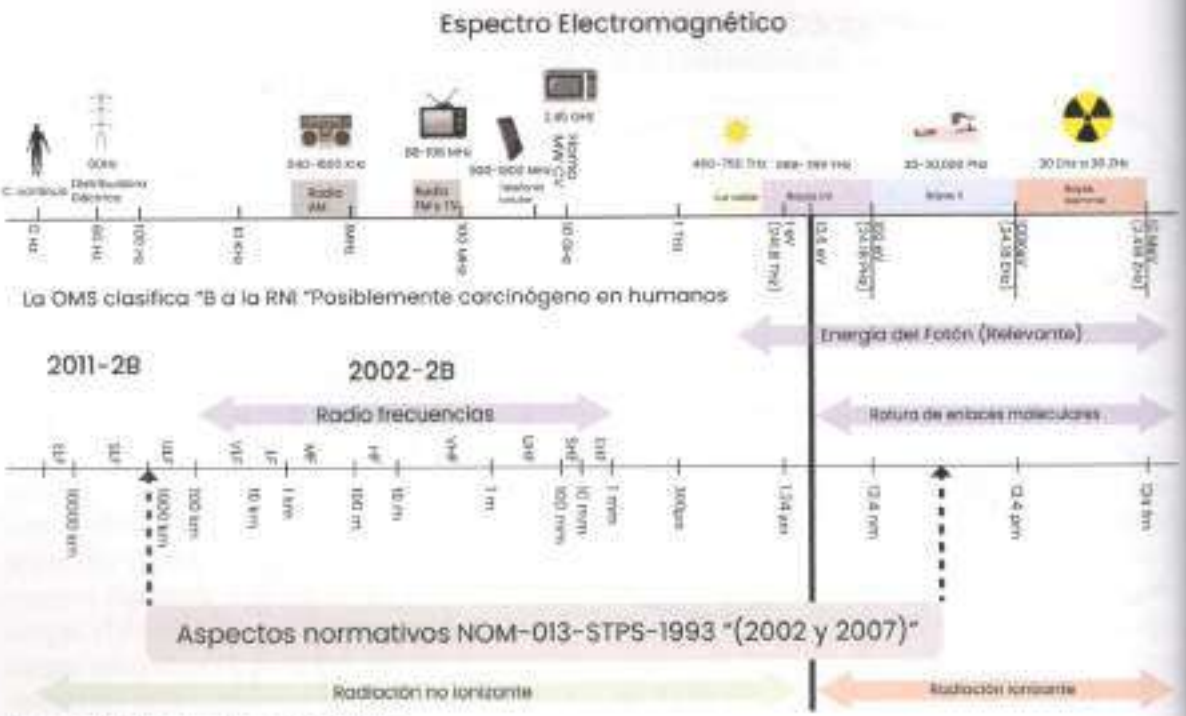


Figura 2.2 Espectro Electromagnético

nicaciones, equipos de uso doméstico e industrial o por el uso masivo de nuevas aplicaciones inalámbricas que puede afectar al cuerpo humano se le ha denominado "Contaminación Ambiental Electromagnética" o "Electrosmog" o "Electropolución".

Este tipo de contaminación es reconocida como un contaminante en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA) que obliga a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMANART) a emitir Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para controlar su emisión (LGEEPA, 2017).

Investigadores del área, médicos, pediatras y médicos medioambientalistas, así como ciudadanos con Electro-hipersensibilidad (EHS) y organizaciones internacionales y nacionales no gubernamentales en diferentes países, consideran que existen numerosas estudios científicos que evidencian los daños a la salud humana, plantas y animales por las radiaciones generadas por estos campos electromagnéticos y apelan entre otras cosas a utilizar de manera práctica y no sólo de manera política el principio de precaución y aplicar una normatividad internacional que proteja de los daños no térmicos y no sólo los térmicos. Entre dichos investigadores destacan Hardell y Carlberg que, en 2013, después de una amplia revisión bibliográfica llegaron a la conclusión que la RF debía de ser clasificada como carcinógeno humano definitivo, IARC Grupo 1, cambiando la clasificación de posible a definitivo.

Estas declaraciones han generado en el mundo médico una gran preocupación por los efectos a la salud que pudiese causar el aumento de exposición a radiación no ionizante, a la que, sin lugar a duda, todos los seres humanos estamos expuestos por el desarrollo exponencial de nuevos dispositivos y servicios de acceso inalámbrico de uso común. Considerándose como una de las posibles razones de la aparición temprana de enfermedades y trastornos a la salud de los niños.

2.5 Ondas Electromagnéticas

La definición más general establece que la onda consiste en una perturbación que se propaga en el

espacio y en el tiempo. Una onda electromagnética consiste en la propagación de la radiación electromagnética a través del espacio. Cabe destacar que no requieren de un medio material: las ondas luminosas forman parte de las ondas electromagnéticas. Los hornos de microondas, la conectividad WiFi y el sistema Bluetooth un transmisor de radio o de televisión, un radar y los teléfonos celulares, utilizan las ondas electromagnéticas. Está constituida por un campo eléctrico y un campo magnético oscilando rápidamente y viajando juntos a la velocidad de la luz (Fig. 2.3). Las ondas electromagnéticas son producidas por la aceleración, desaceleración y el choque de cargas eléctricas en rápido movimiento. Mientras que los campos originados por la corriente eléctrica pierden su intensidad en pocos metros, las ondas pueden viajar miles de kilómetros.

2.5.1 Frecuencia de las ondas electromagnéticas

La unidad de medida para la frecuencia o vibración de las ondas es el Hertz abreviado Hz, y un Hz es igual a un ciclo por segundo. Obviamente esta unidad de medida no sólo se utiliza en el electromagnetismo sino para cualquier fenómeno cíclico como por ejemplo el sonido. El rango de frecuencias de ondas electromagnéticas oscilando entre 3 KHz y 300 Ghz se les denomina radiofrecuencias (Tabla 2.1). La frecuencia junto con la longitud de onda son los parámetros que hacen diferenciar las categorías de las ondas electromagnéticas.

Como ejemplos de productos electrónicos generadores de radiación electromagnética son: teléfonos celulares (inteligentes), puntos de acceso inalámbrico a carriers, tecnología Wi-Fi, tabletas, antenas base de telefonía, repetidores de señal, ondas de radio, TV, electrodomésticos, radares y distribución de energía eléctrica de alta tensión, nuestro entorno se ha trasformado volviendo a nuestro mundo moderno un mundo hiperconectado.

La radiación que ocupa el interés en este libro es la generada por frecuencias usadas por las aplicaciones y servicios más utilizados por el ser humano; Específicamente la radiación de frecuencia extremadamente baja (ELF) cuyo rango es de 3 Hz a 3000 Hz (específicamente la frecuencia de 60 Hz) y en radiofrecuencia (RF) cuyo rango es de 300 KHz a 3 GHz donde se incluyen las microondas ver Fig. 2.4 y Tabla 2.2.

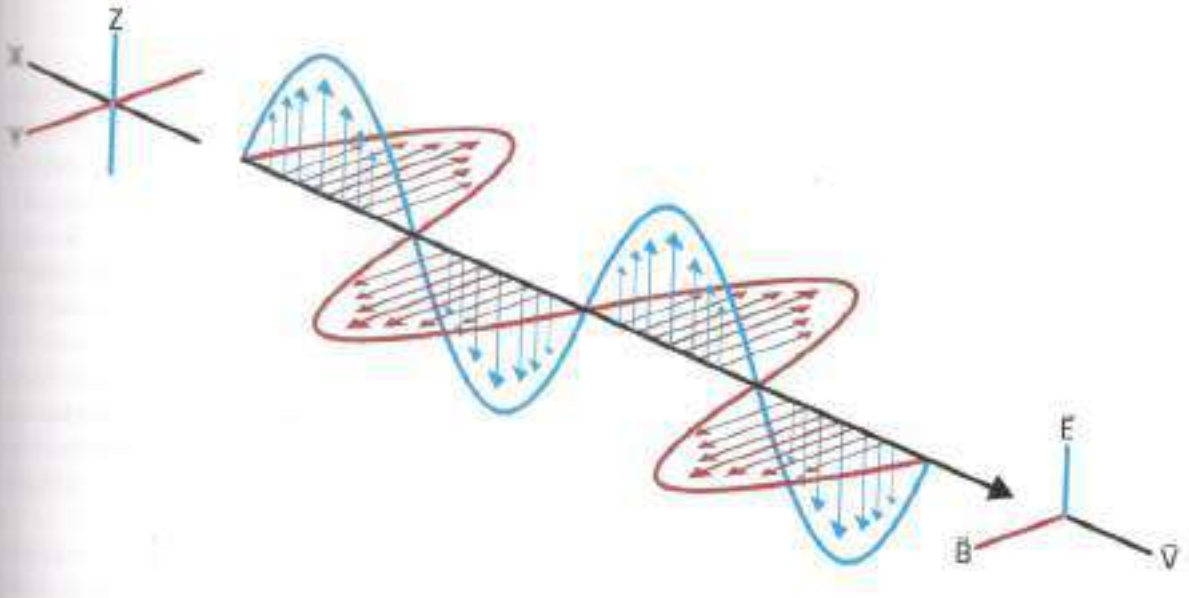


Figura 2.3 Onda Electromagnético con componente magnético B y eléctrico E

Tabla 2.1 Dispositivos o Infraestructura según la clasificación de rangos de frecuencia.

Clasificación	Rango de Frecuencia	Dispositivos o infraestructura
Frecuencias Extremadamente Bajas (FEB)	30 Hz a 300 Hz	Cables de alta tensión, trenes eléctricos, metro, electrodomésticos y electrónicos, teléfonos celulares, etc.
Radio frecuencia/Microondas (RF/MO)	300 KHz a 3 GHz	Hornos de microondas, Wi-Fi, teléfonos móviles, teléfonos inalámbricos, tabletas, computadoras de escritorio y portátiles, radares, antenas de telefonía móvil, etc.
Ondas milimétricas/submilimétricas	30 GHz a 300 GHz	Escáneres corporales de los aeropuertos, radares que evitan colisión de automóviles, radioastronomía, radares para la policía y militares, 5G y el Internet de las cosas.

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

En 1865, James Clerk Maxwell, quien fue un científico escocés especializado en el campo de la física matemática, logro la formulación de la teoría clásica de la radiación electromagnética, que unificó por primera vez la electricidad, el magnetismo y la luz como manifestaciones distintas de un mismo fenómeno, mismo que publicó un artículo titulado 'Una teoría dinámica del campo electromagnético' en el que aparecieron por primera vez las ecuaciones hoy mundialmente famosas y conocidas como 'ecuaciones de Maxwell'. Estas ecuaciones expresan de una manera concisa y elegante todas las leyes fenomenológicas sobre electricidad y magnetismo que se habían formulado desde el siglo XVIII, entre ellas las leyes de Ampére, de Faraday y de Lenz.

El valor de las ecuaciones de Maxwell no solo reside en la síntesis de todas las ideas anteriores, que revelaba la íntima interrelación entre electricidad y magnetismo. De sus ecuaciones, Maxwell también dedujo otra que le llevó a predecir la existencia de ondas de naturaleza electromagnética capaces de propagarse a la velocidad de la luz. En efecto, Maxwell concluyó que < luz y magnetismo son aspectos de la misma substancia, y la luz es una perturbación electromagnética > de esta forma, su trabajo de síntesis también consiguió unificar la óptica al electromagnetismo y reveló la esencia electromagnética de la luz.

La teoría de Maxwell predecía la generación de ondas electromagnéticas en el laboratorio. Esta posibilidad fue llevada a cabo por el físico alemán

Heinrich Hertz en 1887, ocho años después del fallecimiento de Maxwell, mediante la construcción de un oscilador como emisor y de un resonador como receptor. La capacidad para producir tales ondas y de recibirlas en un lugar distante conduciría a un ingeniero italiano, Guillermo Marconi, mediante sucesivos perfeccionamientos de la técnica, a una gran revolución tecnológica: las comunicaciones por radio. Y sobre esta tecnología reposan hoy algunos de los elementos cotidianos más útiles y utilizados, como los teléfonos móviles. Así pues, las ecuaciones de Maxwell, que pudieron parecer en principio un mero ejercicio teórico de ciencia básica, han acabado teniendo unas aplicaciones tecnológicas que han llegado a transformar el mundo.

En la mayoría de los países, las frecuencias más comunes utilizadas en los sistemas de electricidad son de 50 o 60 Hz. De forma básica, los campos magnéticos y eléctricos se pueden caracterizar por su longitud de onda, y amplitud (intensidad). La longitud de onda se define como la distancia entre dos crestas consecutivas de una onda.

En el espacio libre, la frecuencia se puede relacionar con la longitud de onda mediante la ecuación: Longitud de onda = velocidad de la luz/frecuencia ($\lambda = c/f$).

A 50 Hz, la longitud de onda es grande, 6000 km (para 60 Hz es de 5000 km). Analizando un ejemplo de comparación, una onda de radio con una frecuencia de 100 kHz tiene una longitud de onda de 3 km. En la Figura 11 se ilustran los conceptos longitud de onda y frecuencia.

Cuando se combinan campos de más de una frecuencia, considerando fuentes de generación sinusoidal, el campo resultante ya no será una onda sinusoidal si se describiese su amplitud a lo largo del tiempo. La variación a lo largo del tiempo puede adoptar otra forma cualquiera, como puede ser una onda cuadrada o una onda triangular. De forma inversa, cualquier forma de onda puede descomponerse mediante un número de ondas sinusoidales con diferentes frecuencias. Este proceso de descomposición se denomina análisis de

Figura 2.4 Frecuencia y longitud de onda

Fourier, y cada componente recibe el nombre de componente de Fourier. En varios sistemas eléctricos, las señales sinusoidales sufren una distorsión debido al comportamiento no lineal de los aparatos eléctricos conectados. Dichas distorsiones introducen componentes de Fourier en el sistema además de la frecuencia fundamental de la señal (siendo esta última la frecuencia de funcionamiento del sistema), y reciben el nombre de armónicos. Por ejemplo, dada una frecuencia fundamental de 50 Hz, 100 Hz será el segundo armónico, 150 Hz el tercer armónico, y así sucesivamente.

Todas las componentes de frecuencia hasta aquí consideradas son periódicas. Esto es, no obstante que la amplitud del campo varía a lo largo del tiempo, el patrón de variación se refiere a intervalos fijos (por ejemplo, intervalos de 20 ms de tiempo se corresponden con un periodo de repetición de una frecuencia de 50 Hz). Sin embargo, la propia naturaleza y el ser humano dan lugar a fuentes emisoras de campos que no siguen una periodicidad, sino que por el contrario ocurren sólo una vez. La variación del campo resultante para este caso se suele denominar transitorio. Durante un periodo de tiempo, de un día, se producen un número de

Tabla 2.2 Clasificación de las Ondas Electromagnéticas según su ancho de banda, longitud de onda y uso

Nombre	Frecuencia	Longitud de Onda	Uso
E.L.F. (extremadamente baja frecuencia)	Rango de 1Hz a 3000 Hz	De 300,000 Kms a 100 Kms.	Red eléctrica (50/60 Hz)
V.L.F. (muy baja frecuencia)	De 3 Khz a 30 Khz	De 100 Kms a 10 Kms.	Radio comunicaciones submarinas, monitores de video catódicos
L.F. (bajas frecuencias	De 30 Khz a 500 Khz	De 10 Kms a 600 Kms.	Radio difusión Radio telegrafía
S.W. (pequeñas ondas)	De 500 Khz a 1500 Khz	De 600 mts a 200 mts.	Radio difusión
M.W. (ondas medianas)	De 1.5 Khz a 6 Khz	De 200 mts a 50 mts.	Radio difusión
V.S.W (ondas cortas)	De 6 Khz a 30 Khz	De 50 mts a 10 mts.	Radio difusión Radio Banda Civil, aparatos diatérmicos
V.H.F. (muy altas frecuencias, ondas muy cortas)	De 30 Khz a 300 Khz	De 10 mts a 1 m	Televisión, Radio en FM
U.H.F. y S.H.F. (hiperfrecuencias o microondas)	De 300 Khz a 300 Khz	De 1m a 1mm	Radar, Teléfonos celulares, hornos de microondas, enlaces radio, comunicación por satélite
I.R. (radiación infrarroja)	De 300 Ghz a 3.75 x 1014 Hz	De 1mm a 800 nm	Sistemas de video vigilancia y de detección
Luz visible	3.75 x 1014 Hz a 7.5 x 1014 Hz	De 800 nm a 400 nm	Iluminación
Luz ultravioleta próxima	7.5 x 1014 Hz a 10 x 1016 Hz	De 400 nm a 300 nm	Luz negra, fluorescente, detector de billetes falsos, iluminación de ambiente

transitorios, pero no hay una regularidad o periodicidad asociadas a ellos; este tipo de fenómenos están diferenciados para tratarse como eventos aislados.

2.6 Fuentes de radiación electromagnética

Existen fuentes tanto humanas como naturales de campos electromagnéticos no ionizantes. El campo magnético de la tierra, que causa que una brújula señale el norte, es un ejemplo de un campo electromagnético que ocurre en forma natural.

Los campos electromagnéticos producidos por infraestructura artificial están comprendidos tanto en las categorías de extrema baja frecuencia (EBF) como de radiofrecuencia (RF) del espectro electromagnético. Entre ellos se encuentran los monitores de computadoras, secadoras de pelo, redes de alta tensión para la distribución de la energía eléctrica, mantas eléctricas, etc.

2.6.1 Redes de Alta Tensión

A finales de 1985 el Tribunal de Texas ordenó el desvío de una línea de alta tensión que pasaba a 70 metros de una escuela. En junio de 1989 un juez de Florida hizo cerrar una escuela en Boca Ratón por tener el patio sobrevolado por una línea de alta tensión y entender que eso constituía un peligro para los niños. Se han dado casos similares en Santa Bárbara - California (1990), Connecticut (1990), New Jersey (1990), Illinois (1991), Fresno - California (1993), British Columbia - Vancouver (1994), Nebraska (1996) y Nueva Zelanda (1996) entre otros.

El reconocimiento oficial de los peligros para la salud de la radiación electromagnética va produciéndose lentamente. La Oficina de Evaluación

Tecnológica del Congreso de los Estados Unidos emitió un Informe en junio de 1989 que decía: "los campos eléctricos y magnéticos producidos por los sistemas de energía eléctrica pueden conllevar peligros para la salud". El Informe también afirma: "existe un importante acúmulo de evidencias en favor de que, bajo determinadas circunstancias, incluso campos electromagnéticos de baja frecuencia y relativamente débiles pueden causar alteraciones biológicas, y si bien las implicaciones no están todavía claras, sí existen razones legítimas para preocuparse".

En la fotografía siguiente se muestra una calle de la ciudad de Guadalajara donde pasan líneas de alta tensión encima de casas.

2.6.2 Fuentes de radiación en alta frecuencia o radiofrecuencia

Las fuentes más comunes de radiación de radiofrecuencia son los aparatos y equipos de telecomunicación inalámbrica, como teléfonos celulares, medidores inteligentes y aparatos portátiles inalámbricos, como laptops y tabletas. En Estados Unidos, los teléfonos celulares actualmente operan en un rango de frecuencia aproximada de 1,8 a 2,2 Gigahercios (GHz). Otros ejemplos son los hornos de microondas, WiFi, estaciones de radio AM/FM y resonancia magnética.

2.6.3 Teléfonos celulares

No obstante que es conocido que existe un peligro inherente con tener y operar celulares, no ha cesado la manufactura y las estrategias de venta de los proveedores. Este conocimiento no ha motivado al gobierno para que evite que los proveedores de celulares eleven el nivel permitido de emisiones. Esta información ni siquiera ha inspirado a un proveedor a que voluntariamente incluye un chip que absorba la radiación y así proteja a los usuarios. Existen también teléfonos inalámbricos los cuales pueden operar con tecnología análoga o DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) y que típicamente emiten radiofrecuencias semejantes a los de teléfonos celulares. Sin embargo, ya que los teléfonos inalámbricos tienen un alcance limitado y requieren una base cercana, las fuerzas

de sus señales son generalmente más bajas que las de teléfonos celulares.

2.6.4 Estaciones base de teléfonos celulares

Las torres de antena o estaciones base, incluso para redes de teléfonos móviles y para transmisiones de radio y televisión, emiten varios tipos de energía de radiofrecuencia. Calcular la exposición para una población es difícil ya que la mayoría de los individuos estamos expuestos a una gran variedad de energías. La fuerza de estas exposiciones varía según la densidad de la población de la región, la distancia promedio desde la fuente y el tiempo del día o día de la semana (exposiciones más bajas los fines de semana o de noche).

En general, las exposiciones disminuyen al aumentar la distancia desde la fuente. Se ha encontrado que las exposiciones entre los trabajadores de mantenimiento varían dependiendo de sus tareas, del tipo de antena y de la ubicación del trabajador con relación a la fuente. Es muy difícil calcular las exposiciones acumuladas de tales trabajadores.

Las Torres Celulares siguen instalándose en edificios y techos. Solo la consideración monetaria entre los dueños de los edificios y los proveedores de celulares determina que esto suceda. Las torres dañan a la gente emitiendo niveles muy altos de radiación RF a veces superando las pautas publicadas por la Comisión Federal de Comercio. El daño se le hace a quien esté cerca de la torre, ciertamente incluyendo a los trabajadores.

La cantidad de tiempo que pasa en su celular aumenta sus posibilidades de desarrollar ciertas enfermedades por la radiación EMF.

Los celulares pueden causar:

- Un cáncer cerebral poco frecuente. Las posibilidades de desarrollarlo aumentan con su uso prolongado y frecuente
- Daño a los Vasos Sanguíneos del Cerebro
- Jaquecas Frecuentes
- Reflejos Motrices más Lentos
- Los Fetos pueden ser Afectados

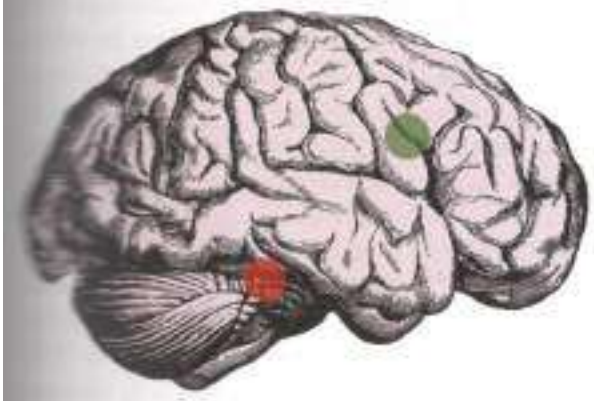
- Algunas Autoridades Incluyen el Autismo y el Sueño

2.6.5 Señales de radio y de televisión.

Los radios de AM/FM y televisiones de VHF/UHF operan a radiofrecuencias más bajas que los teléfonos celulares. Las señales de radio son AM (amplitud modulada) o FM (frecuencia modulada). La radio de AM se usa para transmitir por largas distancias mientras que la radio de FM cubre áreas más urbanas. Las señales de AM se transmiten de conjuntos grandes de antenas colocados en una elevación alta en sitios fuera del alcance del público porque las exposiciones cerca de la fuente pueden ser altas.

Celulares y cáncer

Según la OMS, los campos electromagnéticos generados por las radio frecuencias de este tipo de dispositivos son considerados carcinogénicos para los humanos.



Glioma

Tumor que nace en las células neuronales llamadas glías.

Síntomas

Dependen de la parte del cerebro afectada y pueden ser dolores de cabeza, náuseas y vómitos.

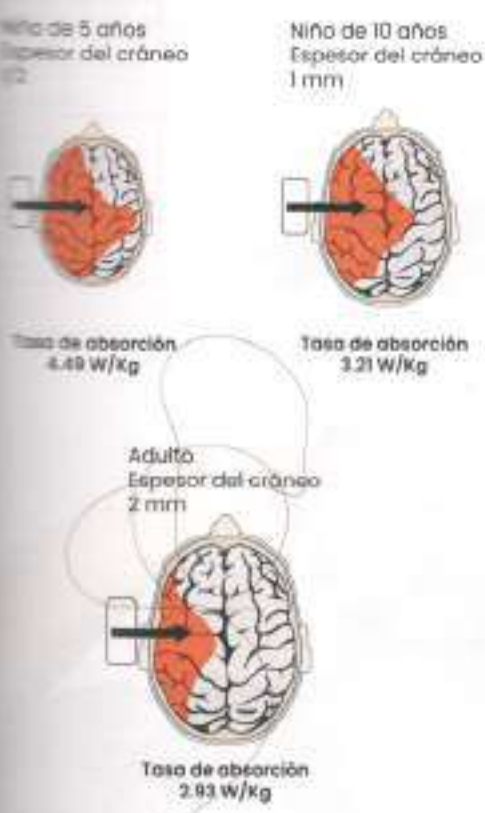
Neuroma acústico

Tumor de crecimiento lento en el nervio que conecta el oído con el cerebro. Este nervio está localizado por detrás del oído exáctamente bajo el cerebro

Síntomas

- Pérdida de la audición que, por lo general, empeora progresivamente en meses o años (aunque en pocos casos repentinamente) y que ocurre solo de un lado o de forma más pronunciada en uno de los lados
- Zumbido (tinnitus) en el oído afectado
- Inestabilidad o pérdida del equilibrio
- Mareos (vértigo)
- Entumecimiento facial y debilidad o pérdida del movimiento muscular

Cómo la radiación de los celulares penetra en el cerebro



Recomendaciones al usar celular

Alejar el celula a una distancia de 30 a 40 centímetros al escribir mensajes de texto.

Utilizar los dispositivos "manos libres".

Bajar la centidad de llamadas y su duración.

Utilizar el celular en zonas donde exista buena recepción.

Los trabajadores de mantenimiento podrían estar expuestos en forma sustancial a la radiofrecuencia de las antenas de radio AM, pero no el público en general. Las antenas de radio FM y de transmisión de televisión, que son mucho más chicas que las antenas de AM, por lo general se montan en la parte superior de torres altas. Las exposiciones a radiofrecuencia cerca de la base de estas torres están abajo de los límites reglamentarios, por lo que la exposición del público en general es muy baja. Algunas veces, antenas locales de radio y TV se montan en la parte superior de un edificio; generalmente el acceso al techo de esos edificios es controlado.

2.6.6 Hornos de microondas

Se usan en casas, los cuales funcionan a radiofrecuencias más altas que los teléfonos celulares. Los hornos de microondas se fabrican con protección efectiva que ha reducido la fuga de radiación de radiofrecuencia de estos aparatos a niveles apenas detectables.

2.6.7 Redes inalámbricas de áreas locales

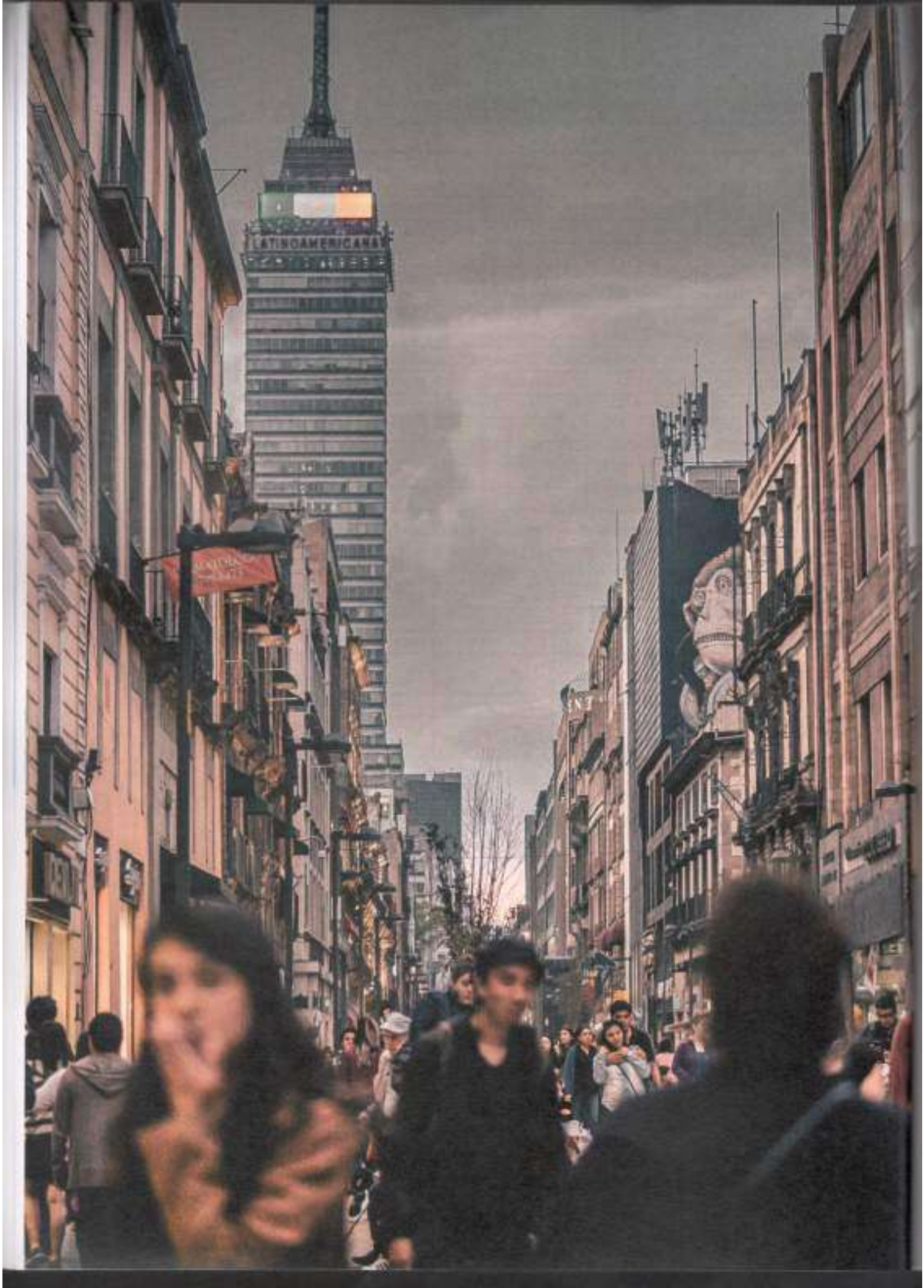
Conocidas comúnmente como WiFi. Estas son tipos específicos de sistemas de redes inalámbricas y una fuente creciente común de radiación de radiofrecuencia. Las redes inalámbricas usan ondas de radio para conectar aparatos de WiFi a un punto de acceso que está conectado a Internet, ya sea físicamente o por medio de alguna forma de conexión. La mayoría de los aparatos de WiFi operan a radiofrecuencias que son en cierta manera como los teléfonos celulares, típicamente de 2,4 a 2,5 GHz, aunque en años recientes han aparecido aparatos WiFi que operan a frecuencias más altas (5, 5,3, o 5,8 GHz) . La exposición a radiación de radiofrecuencia procedente de aparatos de WiFi es considerablemente más baja que la de teléfonos celulares. Ambas fuentes emiten grados de radiación de radiofrecuencia que están muy abajo de los 10 V/m2 especificados por la Comisión Internacional sobre Protección de Radiación No Ionizante.

Exposición	Límite de la ICNIRP para la población en general	Algunas fuentes emisoras
60 Hz	83 µT	En casa: usualmente < 0.4-1.5 µT
		0.5 m de TV: ≅ 0.2 µT
		0.03 m del secador de pelo: 6-2 000 µT
		50 m de líneas de 400 K de potencia: 0.4-1.5 µ T

CAMPO MAGNÉTICO (µT)			
Voltaje	Bajo la línea	a 30 m De la línea	a 100 m De la línea
400 KV	30	12	1
225 KV	20	3	0.3
90 KV	10	1	0.1
20 KV	6	0.2	ε
220 V	1.3	ε	ε

VALORES DE CAMPOS MAGNÉTICOS DE APARATOS DOMÉSTICOS SEGÚN LA DISTANCIA (µT)					
		3cm	30cm	1m	
Máquina de afeitar	15-1.500	0.08-9	<00.1-0.3		
Ordenador	0.5-3.0		0.01	<0.01	
Máquina perforadora	400-800	2-3.5		0.1	
Herramientas	73-200		4-8		0.25-0.6
Proyector diapositivas	240		4.5		<0.15

Tabla 2.3 Exposición media en el domicilio: 0.005 – 0.1 µT


LATINOAMERICANA

Capítulo III
Escenario de Casos de México

3.1 Antecedentes

Recuerdo muy claramente el momento, eran las 4 de la tarde y yo (comenta el Dr. Soto) había terminado de realizar las últimas mediciones de radiación en la casa donde habitaban los pacientes. Dos hermosos niños de 7 y 9 años, hermanos, con leucemia declarada que ya estaban en tratamiento desde hacia varios años. El panorama era alentador para el hijo mayor ya que había pasado por un proceso de quimioterapia y estaba iniciando la fase de vigilancia. La menor seguía en la fase de mantenimiento. Al guardar mi equipo y despedirme de la mamá ella me hizo una pregunta con su rostro de aflicción y resignación: ¿Doctor, usted qué me recomienda hacer?, ¿detectó un problema en nuestra casa?, ¿debemos salirnos de aquí?

Yo ya había reflexionado un poco, primero porque había dos niños con leucemia y según estudios no había diagnóstico relacionando algo genético en su familia y por otro lado la medición de radiación dentro de su casa, el entorno donde sus hijos pasaban 16 horas diarias, mostraba un nivel alto en baja y en alta frecuencia y aunque no hay resultados de estudios de causalidad todo me hacía suponer que la radiación podría relacionarse con el estado actual de sus niños. La radiación era tal que era como si vivieran debajo de líneas de alto voltaje siempre. Y efectivamente la casa se ubicaba al lado de un molino (propiedad de la familia) que recibía un campo magnético muy alto ocasionado por la alta tensión y la instalación eléctrica circundando la casa generando un campo electromagnético constante. Ellos ya llevaban 8 años viviendo en ese lugar.

Hay que remarcar que en el país no existen normas que regulen la contaminación electromagnética que pudiese ser causada por malas instalaciones eléctricas o de equipos de telecomunicaciones o por el uso de aparatos domésticos y celulares. No existen leyes que permitan proteger a la población de esta contaminación. No existe un antecedente legal que permita a los ciudadanos ampararse ante este tipo de problemas y proceder en su defensa y protección por ley. No tenía bases suficientes y documentadas legalmente para asegurar que la causa del cáncer en sus hijos era dicho campo electromagnético y si lo decía ella iba a buscar inmediatamente un culpable para hacerse responsable de los daños y podría generar una demanda sin fundamentos donde todos podríamos resultar perjudicados.

Por tal motivo me limite a contestar "Si yo fuera usted, mientras que sus hijos estén en tratamiento me cambiaría de casa"

En las siguientes secciones se describe la importancia de la epidemiología y los diferentes proyectos realizados en México.

3.2 Introducción a la epidemiología

La epidemiología es la disciplina científica médica que estudia la distribución de la enfermedad y de la salud en la población, así como sus determinantes. Es una disciplina que enlaza el componente biológico con el social en el proceso que explica la enfermedad como un fenómeno colectivo. Cuando buscamos la etiología de la enfermedad, sobrepasamos la dimensión individual y biológica del problema, para convertir y contemplar la enfermedad como una realidad social. Estudia no sólo la enfermedad, sino también la salud. Por tanto, para identificar los determinantes, se incluye, además de los relacionados con la enfermedad, los relacionados con la producción de la salud. Fundamentalmente, cuantifica y compara grupos poblacionales con el objetivo de identificar los problemas de salud de la población, reconocer sus causas y evaluar las intervenciones sobre la salud individual y colectiva.

Los estudios epidemiológicos de casos-controles son diseños analíticos no experimentales en los

cuales dos grupos de personas, uno con la enfermedad (casos) y el otro sin ella (controles), se estudian retrospectivamente buscando la exposición al factor en estudio. En estos estudios, la elección de las personas que intervendrán en la investigación se realiza según que la enfermedad o el efecto analizado estén (casos) o no (controles) presentes. Posteriormente, se evalúa de forma retrospectiva si las personas estuvieron o no expuestas al factor de estudio. Es decir, los casos proceden de personas que padecen la enfermedad investigada y los controles de personas sin enfermedad.

3.2.1 Estudios epidemiológicos: Riesgo Relativo (RR)

El denominado RR mide la fuerza de la asociación entre un factor de exposición y una enfermedad. Se trata de la división entre: incidencia de enfermos entre personas expuestas / incidencia de enfermos entre personas no expuestas. El RR se acompaña de un intervalo de confianza (IC) que permite extender los valores del RR a probabilidades ($p<0.05$) reales del 95% de posibilidades de no equivocarnos al afirmar que el resultado no es debido al azar, sino a diferencias reales entre el grupo expuesto y el no expuesto. En estas situaciones se acepta como asumible un 5% de posibilidades de equivocarnos.

Se identifican cuatro resultados factibles:

Un RR = 1, significa que no existen diferencias de riesgo entre los dos grupos, si el IC incluye el valor 1, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos (IC 95% = 0.8 - 2.2). Si el límite inferior del IC es superior a 1, existe un aumento significativo del riesgo entre los sujetos expuestos (IC 95% = 1.4 - 3.5). Si el límite superior del IC es inferior a 1, hay una reducción significativa del riesgo de las personas expuestas al factor estudiado (IC 95% = 0.4 - 0.8).

3.3 Asociación y causalidad en el cánce

La asociación describe una relación entre una
posición ambiental y la aparición de un deter
nado cáncer. A pesar de que una asociación pue
ser positiva (cuando se incremente el número
cánceres entre gente expuesta respecto a la no e
puesta), o negativa (cuando disminuye el núme
de casos de cáncer entre la gente expuesta a
factor, que, en lugar de denominarse de riesgo
denomina factor de prevención), normalmen
cuando se habla de asociación, se refiere a la
tipo positivo.

Sin embargo, como en todas las enfermedad
multifactoriales, la asociación entre un factor
exposición y el incremento del número de casos
cáncer no equivale al hecho de que sea necesari
mente la causa del cáncer. Como ejemplo ilustr
tivo, vamos a evaluar un estudio epidemiológ
de casos-controles para determinar la asociac
entre el uso de un medicamento "MED" dura
el embarazo y la Leucemia Aguda infantil (LA

El resultado puede dar una asociación posit
entre la administración gestacional del MED y
incremento de la LA entre los hijos de las mad
expuestas, respecto a las no expuestas o control
Una posibilidad será que el MED sea la causa
la LA infantil, pero existen otras interpretacion
para que esta hipótesis sea falsa. Normalmente,
madres con hijos con LA infantil recuerdan m
nitidamente todos los episodios que han tenid
durante los últimos 5 - 10 años para buscar
explicación de la aparición de la LA en sus hijo
que las madres cuyos hijos no han tenido ningu
enfermedad grave y potencialmente mortal.

El exceso de memoria en las madres de los cas
y su defecto en las madres de los controles pued
malinterpretar resultado de la asociación obtenid
Este fenómeno se denomina "sesgo de memoria"
Otra posibilidad es que la enfermedad, por la cu
la madre gestante ha tomado el MED, sea el verda
dero factor de riesgo que incremente el desarroll
de la LA infantil. En este caso, los epidemiólog

definen la enfermedad como confundidora en la asociación entre MED y LA infantil.

Para que una asociación pueda considerarse como causa ⇒ efecto, debe reunir los siguientes criterios:

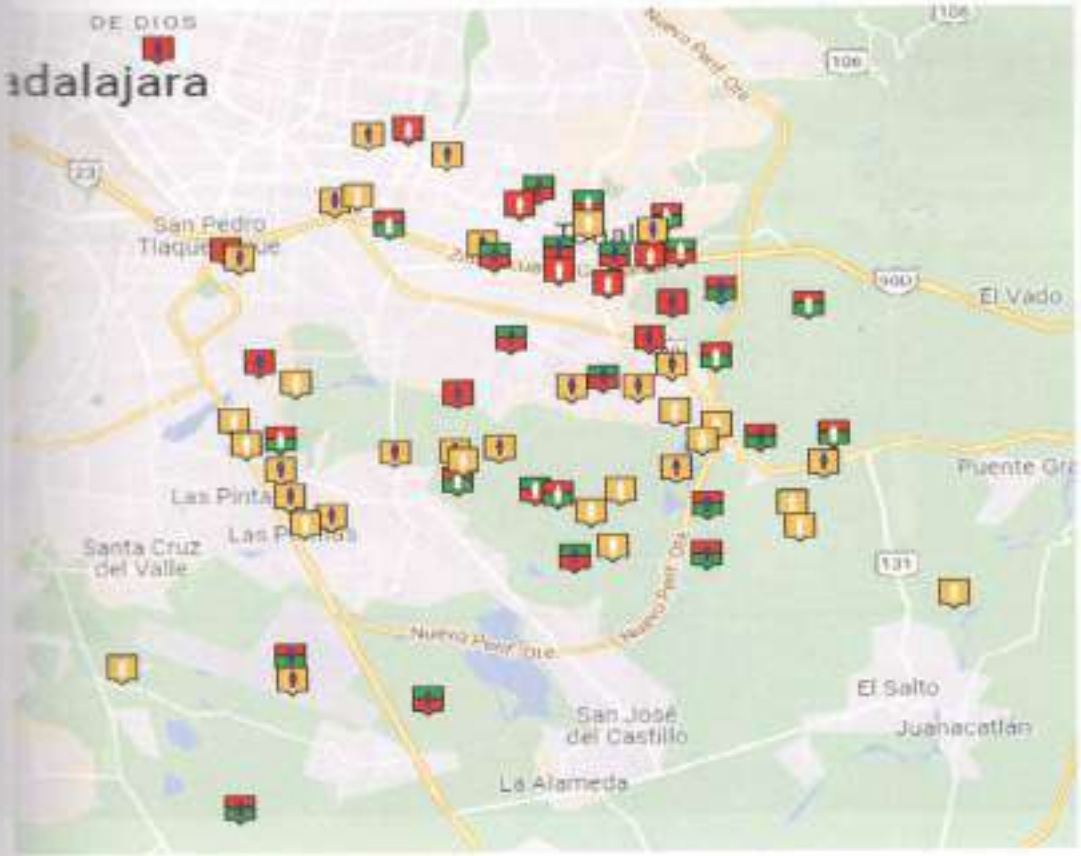
- Descartar otras posibles explicaciones.
- Fuerza o solidez de la asociación, medida por el RR.
- Consistencia o persistencia de la asociación en diferentes estudios.
- La observación de una relación dosis-respuesta entre el incremento o la disminución de la dosis de exposición y la misma variabilidad en la respuesta o enfermedad.
- Existencia de una relación temporal o periodo de latencia entre la exposición y el efecto.
- Existencia de una explicación biológica plausible, verosímil y convincente.

La presencia de los seis criterios o de la mayor parte de ellos en la asociación entre una exposición y una enfermedad, hacen considerar que la relación sea causal.

3.4 Casos de estudio en Guadalajara Desarrollo por el Grupo de Investigación IMSS Hospital de Pediatría

3.4.1 Caso de Estudio en Guadalajara-Desarrollo del proyecto de Leucemia en Guadalajara Jalisco

Se incluyeron pacientes con diagnóstico de LA infantil atendidos en la Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE), Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente CMNO perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y del Nuevo Hospital Civil de la Universidad de Guadalajara que habitaron en la zona metropolitana de Guadalajara, durante el periodo 2013-2016.



El paciente incluido en el estudio debía cumplir con los criterios siguientes: ser menor de 16 años, viviendo en la zona metropolitana en la misma casa al menos por un año antes del diagnóstico, el diagnóstico con leucemia aguda tenía que ser confirmado por aspiración de médula ósea así como una caracterización inmunofenotipo y finalmente haber sido tratado en cualquiera de los hospitales durante el período del estudio.

De los 84 casos elegibles el 4 % rechazaron el estudio, pero 96 % entraron con éxito. Se identificó mediante encuesta las fuentes de RNI divididas en fuentes extra-domiciliarias e intra-domiciliarias, se acude al domicilio del paciente para medir los niveles de radiación en baja y extremadamente baja frecuencia (LF/ELF) y en radiofrecuencia (RF).

La distribución Geo referenciada de los pacientes mostrada en la ilustración 16 refleja la presencia de casos.

3.4.2 Protocolo de Medición

Las mediciones se realizaron dentro de las casas de los pacientes en su cama donde pasan 8 horas continuas, se utilizó:

Equipo portable HI-3604 medidor ETS-Lindgren para medir la intensidad de campo magnético en μT (microTeslas) en el rango de las frecuencias en LF/ELF, con antena sintonizada a 60 Hz.

Equipo portable HI-2200 para mediciones de RF de intensidad de campo eléctrico en Volts/m y densidad de potencia en W/m2. Con antena para un rango de frecuencias desde los 100 Khz hasta los 5 Ghz.

La medición se realizó bajo el protocolo recomendado por la ICNIRP, y el protocolo de investigación fue aprobado por el comité de ética e investigación del IMSS y un comité de revisión de los hospitales participantes.

En un periodo de 12 meses, se visitó el domicilio de los pacientes hasta en 4 ocasiones para corroborar datos y minimizar cualquier posible error de medición.

Resultados

Se incluyeron 80 pacientes a quienes se les realizó tanto la encuesta sobre fuentes de exposición a radiación no ionizante, así como la medición intradomiciliaria de los niveles de radiación no ionizante en alta y baja frecuencia, distribuidos de la siguiente manera; 55 pacientes del Nuevo Hospital Civil (NHC) de Guadalajara (69%) y 25 pacientes de la UMAE HP CMNO (31%).

La distribución geográfica con respecto al municipio de residencia registrado en el expediente clínico de los 80 pacientes se muestra en la Figura 3.1. Se encontró que el tiempo viviendo en el domicilio registrado fue en promedio de 11.8 años (±9.3 años (mediana 10 años), este dato se obtuvo de 65 pacientes, ya que los 15 restantes no especificaron tiempo en años de residencia en dicho domicilio. Al comparar el tiempo de residencia en el domicilio de registro entre ambos hospitales, no se observó diferencia estadísticamente significativa (p = 0.829).

Figura 3.1 Casos de pacientes por municipio

Con respecto al tipo de leucemia se presentó la siguiente distribución: se diagnosticó LLA en 72 pacientes (90%), mientras que LMA en sólo 8 pacientes (10%). En cuanto al género, este se muestra en la Gráfica 2, encontrando que 43 pacientes fueron masculinos (54%) y 37 pacientes fueron del género femenino (46%). La edad promedio de los pacientes al momento del estudio fue de 9 + 4 años, mientras que la edad promedio al momento del diagnóstico fue de 6 + 4 años. Al comparar la distribución de género entre ambos hospitales, no se observa una diferencia estadísticamente significativa (p = 0.746).

Figura 3.2 Casos de pacientes por sexo

De los 80 pacientes incluidos, 18 (22.5%) contaban con antecedente familiar de cáncer: 1 carcinoma cervico-uterino en abuela materna, 2 cáncer de colon en abuelos maternos, 1 cáncer gástrico en abuelo materno, 1 cáncer laríngeo en abuela paterna, 1 cáncer de mama en abuela materna, 1 cáncer pancreático en abuelo paterno, 1 cáncer de piel en abuelo materno, 2 cáncer de tiroides en abuelas maternas. Se registró antecedente familiar de leucemia en 8 pacientes (5 casos en hermanos, 2 casos en primos hermanos y 1 caso en abuela materna). Así mismo se encontró antecedente familiar de Síndrome de Li Fraumeni en 1 paciente.

Tabla 3.1 Casos de pacientes por fase de tratamiento

Fase de tratamiento	NHC	UMAE HP CMNO	Valor de p
Inducción a la remisión	0	0	5
Consolidación	2 (4%)	0	
Mantenimiento	28 (51%)	15 (60%)	
Vigilancia	24 (43%)	5 (20%)	
Recaída	1 (2%)	5 (20%)	
Paliativos	0	0	
	55 pacientes (100%)	25 pacientes (100%)	

En cuanto a la presencia de comorbilidades asociadas con incremento en el riesgo para leucemia como es el Síndrome de Down, éste se encontró en 3 pacientes (3%).

Al momento, del estudio se interrogó sobre la fase del tratamiento en la que se encontraba el paciente, observando que la gran mayoría de los niños en ambos hospitales se encontraban: en fase de mantenimiento 43 pacientes (53.7%) o bien en vigilancia 29 pacientes (36.2%), mientras que en fase de consolidación se encontraban 2 pacientes (2.5%), y en recaída sólo 6 pacientes (7.5%). No se encontró ningún paciente en fase de inducción a la remisión ni en cuidados paliativos. La distribución de la fase de tratamiento de acuerdo al hospital se describe en la Figura 3.3 y 3.4.

Figura 3.3 Casos de pacientes Hospital Civil

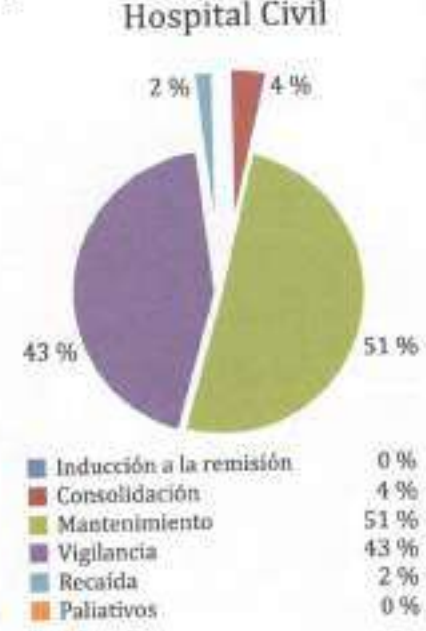
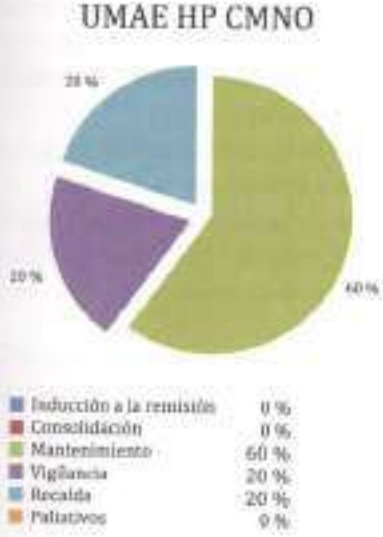


Figura 3.4. Casos de pacientes en la Unidad Médica y de Alta especialidad del Centro Médico Nacional de Occidente Hospital de Pediatría



3.4.4 Fuentes extra-domiciliarias de posible radiación

Para conocer la presencia de fuentes extra-domiciliarias de radiación no ionizante se interrogó a los padres de los pacientes, sobre la existencia en las cercanías de su domicilio de: 1) antenas de telefonía celular, 2) transformadores eléctricos, 3) centros de distribución de energía eléctrica y 4) torres de alta tensión. La distribución de dichas fuentes se encuentra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Casos de pacientes por fase de tratamiento

Antenas de telefonía celular

"Expuestos a antenas de telefonía celular: 46 pacientes (37.5%)" "No expuestos: 34 pacientes (42.5%)"

Distribución de expuestos y no expuestos por hospitales y por tiempo de exposición: p = 0.09

	"Tiempo de exposición > 7 años:"	"Tiempo de exposición < 7 años:"	No expuestos:
Hospital Civil	32 pacientes (40%)	3 pacientes (3.75%)	20 pacientes (25%)
UMAE HP CMNO	10 pacientes (12.5%)	1 paciente (1.25%)	14 pacientes (17.5%)

Transformador eléctrico

"Expuestos a transformadores eléctricos: 13 pacientes (16.2%)" "No expuestos: 67 pacientes (83.7%)"

Distribución de expuestos y no expuestos por hospitales y por tiempo de exposición: p = 0.14

	"Tiempo de exposición > 7 años:"	"Tiempo de exposición < 7 años:"	No expuestos:
Hospital Civil	5 pacientes (6.2%)	0	50 pacientes (62.5%)
UMAE HP CMNO	7 pacientes (8.7%)	1 paciente (1.25%)	17 pacientes (21.2%)

Centros de distribución de energía eléctrica (estación de luz)

"Expuestos a centros de distribución energía eléctrica: 7 pacientes (8.7%)" "No expuestos: 73 pacientes (91.2%)"

Distribución de expuestos y no expuestos por hospitales y por tiempo de exposición: p = 0.62

	"Tiempo de exposición > 7 años:"	"Tiempo de exposición < 7 años:"	No expuestos:
Hospital Civil	5 pacientes (6.2%)	0	50 pacientes (62.5%)
UMAE HP CMNO	2 pacientes (2.5%)	0	23 pacientes (28.7%)

Torres de alta tensión

"Expuestos a torres de alta tensión: 33 pacientes (41.2%)" "No expuestos: 47 pacientes (58.7%)"

Distribución de expuestos y no expuestos por hospitales y por tiempo de exposición: p = 0.53

	"Tiempo de exposición > 7 años:"	"Tiempo de exposición < 7 años:"	No expuestos:
Hospital Civil	27 pacientes (33.7%)	0	28 pacientes (35%)
UMAE HP CMNO	6 pacientes (7.5%)	0	19 pacientes (23.7%)

3.4.5 Fuentes intra-domiciliarias de REM

Para conocer la presencia de fuentes intradomiciliarias de emisión de radiación no ionizante se interrogó a los padres de los pacientes, sobre la existencia en casa de:

- Internet inalámbrico (tiempo de contar con servicio de internet inalámbrico en casa, así como determinar si se apaga o no el modem por las noches).
- Horno de microondas (tiempo con el mismo, y número de veces que se usa al día).
- Televisión en casa (número de televisiones, tiempo contando con televisor, existencia de televisión en la habitación del paciente, tiempo con televisión en la habitación del paciente, horas al día que el paciente ve televisión, así como distancia a la que observa la televisión).
- Si el paciente cuenta con teléfono celular (tiempo con el mismo y tiempo de uso al día).
- Presencia de teléfono inalámbrico en casa (tiempo con el mismo).
- Posesión de consola de videojuegos (número de consolas y tiempo con la consola).
- Posesión de tableta electrónica (número de tabletas, tiempo de contar con el dispositivo, así como tiempo de uso al día).

El análisis de la presencia de dichas fuentes, así como el tiempo con las mismas (interrogado como mayor o menor de 7 años) se observa en la Tabla 3.3

Figura 3.3 Fuentes Intra-domiciliarias de Radiación no ionizante

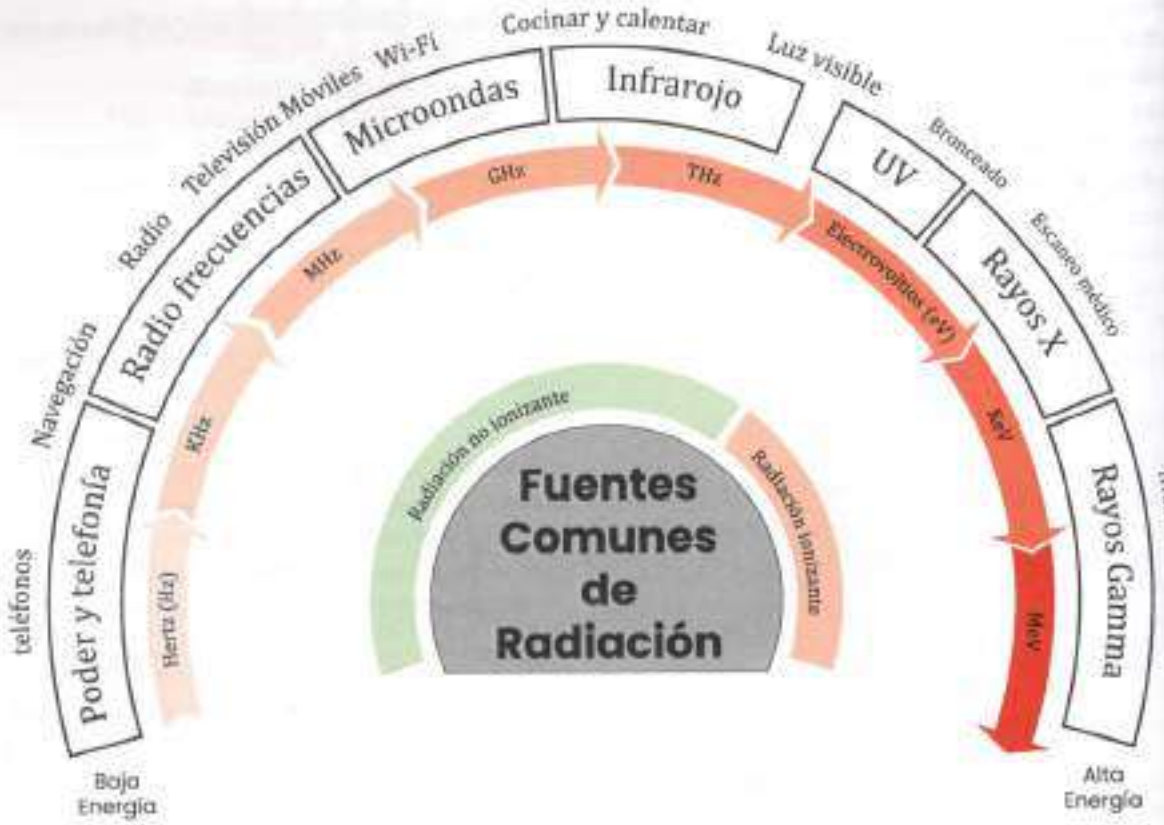


Tabla 3.3
Fuentes intradomiciliarias de radiación no ionizante

Hospital Civil: 55 UMAE HPCMNO: 25

Internet

"SI: 54 pacientes (67.5%)"

"NO: 26 pacientes (32.5%)"

"Distribución de expuestos y no expuestos por hospital y tiempo de exposición:"

	SI	NO
	">7 años:8 pacientes (22%)"	
"30 pacientes (55%)"	"<7 años:28 pacientes (78%)"	"19 pacientes (35%)"
	">7 años:5 pacientes (28%)"	"7 pacientes (28%)"
"18 pacientes (72%)"	"<7 años:13 pacientes (72%)"	

Teléfono celular

"SI: 39 pacientes (49%)"

"No: 41 pacientes (51%)"

Distribución de pacientes que cuentan con teléfono celular por hospital y tiempo de tenerlo:

	SI	NO
	">7 años:3 pacientes (10%)"	
"30 pacientes (54%)"	"<7 años: 27 pacientes (90%)"	"25 pacientes (45%)"
	>7 años: 0	"16 pacientes (20%)"
"9 pacientes (36%)"	"<7 años:9 pacientes (100%)"	

Horno de microondas

"SI: 50 pacientes (62.5%)"

"NO: 30 pacientes (37.5%)"

"Distribución de expuestos y no expuestos por hospital y tiempo de exposición:"

	SI	NO
	">7 años:18 pacientes (53%)"	
"34 pacientes (62%)"	"<7 años:16 pacientes (47%)"	21 pacientes (38%)
	">7 años:11 pacientes (69%)"	9 pacientes (36%)
"16 pacientes (64%)"	"<7 años:5 pacientes (31%)"	

Teléfono inalámbrico

"SI: 33 pacientes (41%)"

"No: 47 pacientes (59%)"

Distribución de pacientes que cuentan con teléfono inalámbrico en casa por hospital y tiempo de tenerlo:

	SI	NO
	">7 años:12 pacientes (50%)"	
"24 pacientes (44%)"	"<7 años:12 pacientes (50%)"	"31 pacientes (56%)"
	">7 años:5 pacientes (56%)"	"16 pacientes (20%)"
"9 pacientes (36%)"	"<7 años:4 pacientes (44%)"	

Televisión

"SI: 80 pacientes (100%)"

"NO: 0 pacientes (0%)"

"Distribución de expuestos por hospital y tiempo de tenerla:

	SI	NO
	">7 años:51 pacientes (93%)"	
"54 pacientes (68%)"	"<7 años:4 pacientes (7%)"	"0 pacientes (0%)"
	">7 años:24 pacientes (96%)"	"0 pacientes (0%)"
"25 pacientes (100%)"	"<7 años: 1 paciente (4%)"	

Consola de videojuegos

"SI: 34 pacientes (42.5%)"

"No: 46 pacientes (57.5%)"

Distribución de pacientes que cuentan con consola de videojuegos en casa por hospital y por tiempo de tenerlo:

	SI	NO
	>7 años: 4 pacientes (18%)"	
22 pacientes (40%)	"<7 años: 18 pacientes (82%)"	33 pacientes (41.25%)
	">7 años: 3 pacientes (25%)"	13 pacientes (16.25%)
12 pacientes (48%)	"<7 años: 9 pacientes (75%)"	

Tableta	
"SI: 28 pacientes (35%)"	"No: 52 pacientes (65%)"

Distribución de pacientes que cuentan con tableta en casa por hospital y por tiempo de tenerla:

	SI	NO
	">7 años: 0 pacientes (0%)"	
"14 pacientes (25%)"	"<7 años: 14 pacientes (100%)"	41 pacientes (31.25%)
	">7 años: 0 pacientes (0%)"	11 pacientes (13.75%)
"14 pacientes (56%)"	"<7 años: 14 pacientes (100%)"	

Consideraciones especiales de acuerdo con fuentes de radiación intra-domiciliarias de radiación no ionizante:

Internet: Del total de la población evaluada, en 54 casas (67.5%) cuentan con servicio de internet, en ellos se interrogó si apagan el módem por las noches encontrando que un 81.4% no lo apaga. Cuando comparamos la proporción de dicho servicio domiciliario entre hospitales, NHC (65%) vs UMAE (72%) no se observó diferencia estadísticamente significativa, p = 0.56.

Horno de microondas: Del total de la población evaluada, en 50 casas (62.5%) cuentan con este aparato, la utilización de este fue variable, lo emplearon de 0 a 2 veces al día (78%), 3 a 4 veces (12%) y más de 5 veces (10%). Al comparar la proporción de domicilios con dicho servicio entre hospitales NHC (62%) vs UMAE (64%), sin diferencia estadísticamente significativa, p = 0.85.

Televisión: Del total de la población evaluada el 100% de los hogares cuenta con televisión, la mayoría de las casas tienen 1-2 televisiones (55%), 3-4 equipos (40%), mientras que refirió tener 5 televisiones (5%). El promedio de horas al día de ver televisión en los pacientes fue de 3.4 ± 2.2 horas. Al interrogar sobre la distancia a la que se observa la televisión, la mayoría observa la televisión a una distancia menor a los 2 metros (58%).

Celulares: Del total de la población evaluada en 39 casos (49%) cuentan con este servicio, en promedio existen 3 celulares por casa, los pacientes tienen celular propio en el 48.75% y el 94.8% fieren utilizarlo más de 30 minutos al día. Cuan comparamos la proporción de familias que cuent con telefonía celular entre hospitales, NHC (54 vs UMAE (36%) no encontramos una diferen estadísticamente significativa, p = 0.124.

Telefonía inalámbrica: Del total de la pob ción evaluada en 33 familias (41%) cuentan c este servicio, la mitad de los casos cuenta c dicho servicio hace más de 7 años. Cuando co paramos la proporción de familias que cuentan c telefonía inalámbrica entre hospitales, NHC (44 vs UMAE (36%) no encontramos una diferen estadísticamente significativa, p = 0.52.

Tableta: Del total de la población evaluada 28 casos (35%) cuentan con este dispositivo y utilizan más de 30 minutos al día (96%). Cuan comparamos la proporción de familias que cue tan con tableta electrónica entre hospitales, NH (25%) vs UMAE (56%) encontramos una diferen estadísticamente significativa, p = 0.007.

Consola de videojuegos: Del total de la p blación evaluada en 34 casos (42%) cuentan c este dispositivo y lo utilizan más de 30 minutos día (79%). Cuando comparamos la proporción familias que cuentan con consola entre hospital NHC (40%) vs UMAE (48%) encontramos una ferencia no estadísticamente significativa, p = 0.

3.4.6 Medición intra-domiciliaria a ba frecuencia

Con respecto a la exposición a radiación no nizante en baja frecuencia en el presente estud tomamos como punto de corte 0.3 µT, aquellos veles iguales o mayores fueron considerados alt

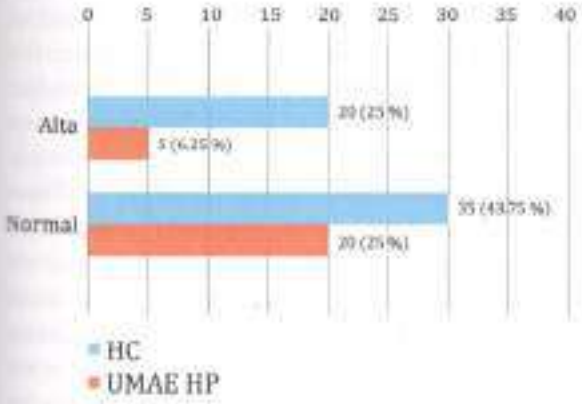
Medición en baja frecuencia: el promedio o tenido en nuestra población fue de 0.25 + 0.35 (mediana 0.09 µT), 25 pacientes (31%) presen niveles mayores al punto de corte, la distribuci por género de pacientes con niveles mayores punto de corte fue la siguiente; masculino (60 y femenino (40%).

Los niveles de radiación en baja frecuencia acuerdo con cada hospital se muestran en la tabl

Tabla 3.4
Resultados de las Mediciones de RNI en baja frecuencia

RESULTADOS DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN NO IONIZANTE EN BAJA FRECUENCIA				
	Total de la población, N = 80	Población de la UMAE HP CMNO, N = 25	"Población del Nuevo Hospital Civil de Guadalajara, N = 55"	Valor de p
Promedio	0.253 ± 0.350 µT	0.192 ± 0.289 µT	0.281 ± 0.374 µT	251
Mediana	0.09 µT	0.08 µT	0.13 µT	
Mínima	0.01 µT	0.01 µT	0.01 µT	
Máxima	2 µT	1.2 µT	2 µT	

La distribución de casos con niveles elevados de acuerdo al hospital al que acuden fue la siguiente:



3.4.7 Medición intra-domiciliaria a alta frecuencia

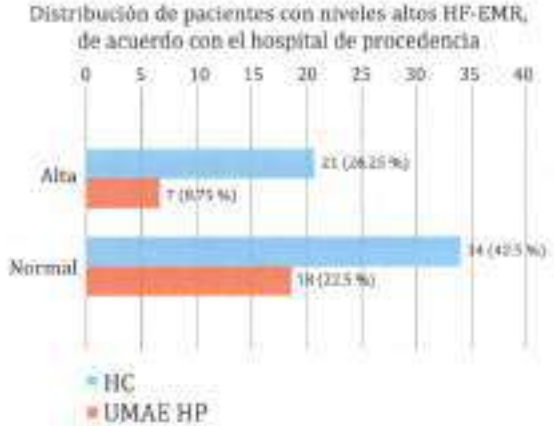
Con respecto a la exposición a radiación no ionizante en alta frecuencia en el presente estudio tomamos como punto de corte 1 µW/cm², aquellos niveles iguales o mayores fueron considerados altos.

Medición en alta frecuencia, el promedio obtenido en nuestra población fue de 142.4 + 1033.3 µW/cm² (mediana de 0.54 µW/cm²), 28 pacientes (35%) presentó niveles mayores al punto de corte, la distribución por género de pacientes con resultados mayores al punto de corte fue la siguiente: masculino (54%) y femenino (46%).

Tabla 3.5
Casos de pacientes por fase de tratamiento

RESULTADOS DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN NO IONIZANTE EN ALTA FRECUENCIA				
	Total de la población, N = 80	Población de la UMAE HP CMNO, N = 25	"Población del Nuevo Hospital Civil de Guadalajara, N = 55"	Valor de p
Promedio	142.4 ± 1033 µW/cm²	75.4 ± 300 µW/cm²	172.9 ± 1232 583 µW/cm²	
Mediana	0.542 µW/cm²	0.428 µW/cm²	0.581 µW/cm²	
Mínima	0.002 µW/cm²	0.002 µW/cm²	0.065 µW/cm²	
Máxima	9145 µW/cm²	1500 µW/cm²	9145 µW/cm²	

Cabe mencionar que en 11 pacientes (13.75%) se observó exposición a altos niveles de radiación no ionizante en ambas frecuencias.



3.4.8 Conclusiones

Un gran porcentaje de los pacientes con diagnóstico de Leucemia Aguda Infantil (LAI) de la zona metropolitana de Guadalajara incluidos en el presente estudio se encuentra expuestos a niveles altos de radiación no ionizante, pues para el caso de radiación en baja frecuencia (niveles > 0.3 μT) se observaron en el 31% de los pacientes, mientras la radiación en alta frecuencia (>1 μW/cm²) se observaron en el 35% de los pacientes. Adicionalmente observamos que el 13% de pacientes se encontraban expuestos a altos niveles de radiación no ionizante en ambas frecuencias.

Con respecto a la identificación de distintas fuentes de radiación no ionizante extra-domiciliarias en nuestra población, encontramos exposición a: antenas de telefonía celular (57%), transformadores eléctricos (16%), centros de distribución de energía eléctrica (8%) y torres de alta tensión (41%).

En nuestro estudio encontramos que el 35% de la población con leucemia aguda infantil está expuesta a campos magnéticos de radiación en alta frecuencia (>1 μW/cm²). Siendo este el primer estudio en medir el grado de exposición de nuestra población.

Finalmente, durante el análisis de la distribución geográfica de los casos encontramos que la mayoría se encuentra en el municipio de Guadalajara (35%), seguidos de Zapopan (23%), Tlaquepaque (18%), Tonalá (13%), Tlajomulco de Zúñiga (6%) y El Salto (2%).

3.5 Caso de Estudio en Puerto Vallarta: Estudio de emisiones en escuelas y vías públicas (Estudio realizado por el Dr. Claudio Fabián Guevara)

3.5.1 Planteamiento del problema

En ambientes docentes y educativos existe una marcada preocupación por la abrupta disminución de las capacidades de atención y concentración entre los estudiantes, cuyo síntoma clínico emergente es el concepto de TDAH (Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad).

En este trabajo se aborda un estudio integral del problema, asumiendo que la exposición a CEM y RF es ubicua entre la población urbana y semi urbana, que las escasas diferencias en los niveles de exposición de cada individuo dificultan el hallazgo de grupos de control, y que en cambio es posible hallar tendencias en estudios epidemiológicos y estadísticas comparadas entre fechas.

3.5.2 Metodología

Se aplicó una encuesta sobre ambiente hogareño y el test "Caras" de capacidad de concentración, a 134 escolares primarios de una edad promedio de 11años de la zona de Puerto Vallarta, en tres diferentes escuelas en las que se realizó una medición del ambiente electromagnético. También se organizó un Focus Group para obtener una cifra de referencia sobre el nivel de exposición personal a celulares en el hogar. El equipamiento utilizado fue Quanta Pro y Quanta Monitor, de la empresa finlandesa Cellraid. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SPSS.

3.5.3 Mediciones en la escuela Juan Escutia

Una de las escuelas escogidas para medir radiofrecuencias y rendimiento en concentración, fue la Escuela Juan Escutia (Calle Puerto Tampico No. 269, esquina con Fresno, colonia Ramblas), que se encuentra al lado de una torre de telefonía celular, y a 200 metros aproximadamente de otra. Tiene WiFi en sus instalaciones, y sería de acuerdo con un abordaje simplificador, una "escuela altamente irradiada". A continuación, se muestran las gráficas de la medición del ambiente de radiofrecuencias en la zona indicada.

El círculo azul señala la ubicación de la escuela. Los valores se expresan en microwatts por metro cuadrado, las mediciones, en todos los casos, incluyeron una medición del ambiente en una de las rutas posibles hacia cada establecimiento.

La aplicación expresa sus mediciones en microwats por metro cuadrado, coloreando puntos de registro: en verde (desde 0 hasta 1000 microwats/m²), en amarillo (entre 1000 y 10.000), en anaranjado (entre 10.000 y 100.000) y en rojo (por arriba de 100.000).

Escuela Juan Escutia de Ramblases. Operadora: Movistar. 24 de octubre de 016, 13 hs

La escuela "más irradiada", entonces, muestra niveles de densidad de potencia quela ubican en una zona media en materia de exposición, con registros de 4.813microwatts por metro cuadrado con la operadora Telcel, y 8,060 con la operadora Movistar.

Una segunda muestra fue tomada en la Escuela Primaria Federal Benito Juárez y Gabriel Flores García, de El Ranchito, Ixtapa, donde es visible una torre de telefonía celular a 300 metros, pero que no cuenta con WiFi en sus instalaciones, y está en una ubicación periurbana. Esta sería, según el mismo modelo simplificador, una escuela de "rango medio" en materia de radiaciones. Las siguientes gráficas reflejan los resultados:

La Escuela de El Ranchito, con la operadora Movistar, registró un nivel de densidad de potencia alto en las cercanías de la escuela, combinado con una zona inmediata de densidad baja. Con la operadora Telcel, el nivel de radiofrecuencias registrado fue el más bajo de todos: 27 microwatts por metro cuadrado.

3.5.4 Medición en la escuela Pedro Moreno

El tercer registro fue aplicado también en un establecimiento periurbano, sin WiFi en sus instalaciones, y sin torres de celulares a la vista: la escuela Pedro Moreno, en la Colonia Playa Grande de Puerto Vallarta. A primera vista, esta tercera escuela sería la de "menor nivel de radiación".

Pero las mediciones practicadas sobre el terreno proporcionaron información que contradicen estos supuestos del sentido común. Esta escuela remota, con mucho arbolado, en una zona periférica de la ciudad, registró la mayor densidad de potencia de los tres casos, con picos de 1.398.101 microwats por metro cuadrado con la operadora Telcel, y una cifra similar con Movistar.

En resumen: no se verifica la presunción de que la mayor contigüidad con la fuente de emisión implica mayor nivel de densidad de potencia en

el aire. Por el contrario, la escuela presuntamente "menos irradiada" registró los niveles más altos de radiación, y la escuela "altamente irradiada" los más bajos. En todos los circuitos hacia la escuela y de alrededores se registran picos de distinta magnitud.

3.5.5 Exposición personal: Focus Group con Quanta Monitor

Esta indagación incorporó al análisis la presunta radiación que los estudiantes absorben proveniente de los teléfonos celulares en su hogar, ya sea como usuarios o como sujetos de exposición pasiva. ¿Cómo calcular esta exposición? Con las herramientas disponibles, podemos hacer una aproximación. A estos efectos, se realizó un focus group con 20 voluntarios en la ciudad de Puerto Vallarta. Estos instalaron una aplicación de Cellraid (Quanta Monitor) que mide las emisiones recibidas y emitidas por los teléfonos inteligentes, en su conexión con las redes de teléfonos y WiFi. Las cifras de esta exposición acumulada se almacenan en gráficos que expresan la exposición de los usuarios del teléfono a radiofrecuencias de redes de celulares y WiFi en los últimos siete días. Los datos se expresan en microwatts/hora por metro cuadrado. Los voluntarios enviaron un reporte con una toma de pantalla del resumen acumulativo de su teléfono personal al cabo de 7 días.

3.5.6 Reporte de Quanta Monitor

Para obtener un dato de referencia sobre el nivel de exposición personal promedio a radiación de teléfonos celulares en Puerto Vallarta y alrededores, sumamos los totales semanales de cada reporte voluntario, y los dividimos por 168, se deduce que los estudiantes estarán expuestos a su radiación no solo en el hogar, sino también en la escuela y en sus trayectos cotidianos, zonas públicas, etc.

Los datos recabados por Cellraid a través de esta aplicación le permiten al fabricante asumir que los teléfonos inteligentes son responsables de la mayor parte de la radiación absorbida por los usuarios, mucho más que aquella atribuida a las redes de las operadoras.

El resultado supera los 100 mil microwatts por metro cuadrado de exposición por hora Esta cifra nos permite asumir un promedio de 100 mil microwatts por metro cuadrado de exposición por hora para usuarios activos (el algoritmo de Cellraid asume que el teléfono está a 10 cm de distancia de los usuarios), y proponer una cifra de 50 mil-microwatts por metro cuadrado de exposición por hora para los sujetos de exposición pasiva.

3.5.7 Conclusiones

En todos los casos, los niveles de exposición ambiental y personal registrados permiten afirmar que toda la población se encuentra, en su casa o en la escuela, o en el trayecto entre un lugar y otro, expuesto a niveles de radiofrecuencia biológicamente activos, en forma errática y azarosa, temporal o permanentemente.

3.6 Caso de Estudio en Xochimilco, México D.F. Estudio de emisiones en parques, escuelas y vías públicas (Estudio realizado por el M. en C. Fernando Álvarez Ortiz)

3.6.1 Antecedentes

La Ciudad de México tiene un ritmo de crecimiento acelerado el cual se acentúa particularmente en Xochimilco. Dicho crecimiento conlleva un desarrollo de la infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones la cual esta última es la principal fuente emisora de RNI. Este caso tuvo como objetivo: Estimar la contaminación electromagnética de radiofrecuencias (RF) y de campo magnético (CM) durante un año, midiendo la intensidad en puntos clave en una localidad de Xochimilco, CDMX. Para la medición de RF y CM se utilizó un medidor EXTECH® EMF450.

El objetivo principal era monitorear las emisiones de radiación no ionizante en puntos críticos (escuelas, hospitales, casas habitación) de la zona

urbana de Xochimilco, comparando los niveles matutinos y vespertinos.

Los valores de radiación no ionizante (RNI) en el ambiente fueron comparados con los niveles en los cuales los sistemas biológicos tanto de humanos como animales son afectados. Así mismo, los valores se compararon con los límites establecidos tanto nacional como internacionalmente.

Polígono del área de estudio dentro de la Delegación (ahora Alcaldía) Xochimilco, Ciudad de México.

3.6.2 *Metodología*

El polígono del área de estudio (figura 2) se ubica al sur de la Ciudad de México, al norponiente de la Delegación Xochimilco. Las mediciones se realizaron en dos zonas: una zona corresponde a una fracción del centro urbano de Xochimilco, y la otra fue una zona habitacional de la colonia Ampliación Tepepan.

3.6.3 *Mediciones*

Se realizó un recorrido en la zona centro del área urbana de la Delegación Xochimilco para la selección de puntos críticos, ya sea por la infraestructura que presentan o por las actividades que se desarrollan en su cercanía escuelas, hospitales, locales comerciales y casas habitacionales.

Las mediciones se realizaron en los puntos seleccionados dos veces al mes durante un año en horario matutino de 9:30 a 11:30, y vespertino de 19:00 a 21:00 para verificar sus diferencias. Estas mediciones se realizaron siguiendo los métodos sugeridos por Kühn (2009), el Instituto de Ingenieros en Eléctricos y Electrónicos, así como los criterios de la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC, 2002, 2011; IEEE, 1995; Kühn, 2009), que consisten en tomar mediciones en los puntos donde el individuo pasa la mayor parte del tiempo tanto en el trabajo como en casa, por ejemplo, en dormitorios, sala de estar, escritorio, etc.

Puntos de muestreo en la zona centro de Xochimilco, CDMX. 1 = Centro de Salud; 2, 3, 4 y 5 = Negocios; 6 y 7 = Mercados; 8 = Secundaria; 9 = Primaria; 10 = Jardín de niños; 11 = Hospital infantil.

Puntos de muestreo en la colonia Ampliación Tepepan, Xochimilco, CDMX. 1 = Aparatos públicos de ejercicio; 2 = Primaria; 3 = Casa de cultura; 4 = Centro de Yoga; 5 = Casa habitación; 6 = Juegos infantiles; 7 = Negocio; 8 = Centro de salud.

Para medirlas radiofrecuencias, así como el campo eléctrico y magnético se utilizó un medidor Extech® EMF450, cuyo intervalo de medición para radiofrecuencias es de 50 MHz a 3.5 GHz en intensidades de 0.02 $\mu W/m^2$ a 554.6 mW/m^2, e intervalo de frecuencia de 50 a 60 Hz para intensidades de campo magnético de 0.1 a 20 microteslas (μT) y de 1 a 2000 volts por metro (V/m) para el campo eléctrico. Los análisis estadísticos se realizaron en R versión 3.4.3 (R Development Core Team, 2014) con el paquete de dunn.test (Dinno, 2017).

3.6.4 Estimación de la tasa de absorción específica

Los valores utilizados para estimar la tasa de absorción específica (SAR) se obtuvieron de las mediciones realizadas, utilizando la ecuación sugerida por Guraliucet al. (2017). Los valores utilizados de conductividad eléctrica y densidad de tejido humano fueron 0.82 S/m y 1040 kg/m^3 para tejido cerebral; 1.771 S/m y 1060 kg/m^3 para tejido de corazón; 0.068 S/M y 1850 kg/m^3 para hueso; 2043 S/m y 1035 kg/m^3 para sangre; y 1.184 S/m y 1050 kg/m^3 para piel (Barber et al., 1970; Guraliuc et al., 2017; Huang et al., 2017; Zonoori et al., 2015).

3.6.5 Resultados

Las mediciones de campo magnético en la zona centro de Xochimilco se muestran en la tabla 1. El valor promedio máximo de campo magnético registrado durante el día fue de 6.38 μT y 5.9 μT en la noche, correspondiente al mercado 1 y 2 respectivamente. No se registraron emisiones de campo eléctrico en la zona centro de Xochimilco. Con respecto a radiofrecuencias, los valores promedio mínimos (13.46 y 19.93 $\mu W/m^2$) se obtuvieron en dos establecimientos comerciales ("negocios"), mientras que los valores máximos se obtuvieron en la primaria (1016.03 $\mu W/m^2$) y el hospital infantil con el valor más alto (1316.03 $\mu W/m^2$).

Tabla 3.6 Valores promedio y valores máximos de campo magnético obtenidos de día y de noche; y valores de radiofrecuencia en la zona centro de Xochimilco. (ND = No detectado)

Zona centro	Campo magnético (μT)			
Sitios	Día prom.	Día prom.	Noche prom.	Noche máx
Mercado 1	2.90	6.38	2.10	4.99
Mercado 2	1.66	3.88	2.03	5.90
Centro de salud	0.11	0.22	ND	0.84
Negocio	0.68	0.86	0.31	1.10
Negocio	0.80	4.80	0.23	0.37
Negocio	1.20	2.92	1.80	5.10
Negocio	1.52	2.35	1.52	2.71
Secundaria	0.07	0.18	1.35	1.72
Primaria	0.05	0.10	0.26	0.62
Jardín de niños	0.02	0.03	0.02	0.05
Hospital infantil	0.04	0.13	ND	ND

Sitios	Radiofrecuencia ($\mu W/m^2$) Promedio	Máx.
Mercado 1	21.1	34.5
Mercado 2	52.5	155.3
Centro de salud	20.7	26.7
Negocio	19.9	28.0
Negocio	23.3	41.1
Negocio	129.3	254.9
Negocio	13.5	18.6
Secundaria	185.0	428.0
Primaria	1035.2	1962.0
Jardín de niños	200.2	427.6
Hospital infantil	1316.0	2050.0

Las mediciones de campo magnético de los sitios en Ampliación Tepepan se muestran en la tabla 2. El valor mínimo promedio de campo magnético fue de 0.14 μT (casa de cultura) y máximo de 5.08 μT (área de juegos) durante el día, mientras que durante la noche en el área de juegos se registraron los valores promedio y máximos más altos (5.13 y 5.14 μT).

Con respecto a campo eléctrico, solo en los sitios 1 y 6 (aparatos de ejercicio y área de juegos res-

pectivamente) se registraron emisiones de valor de moda de 2000 V/m, cuyo valor es el límite máximo del equipo utilizado. En el caso de las radiofrecuencias, el valor promedio (18.15 μW/m²) se registró en una casa habitación, mientras que el valor máximo (111.35 μW/m²) se registró en un negocio.

Tabla 3.7. Valores promedio y valores máximos de campo magnético durante el día y la noche; y valores de radiofrecuencia en la zona habitacional Ampliación Tepepan (ver el texto para la verificación de los sitios).

Zona centro	Campo magnético (μT)			
Sitios	Día prom.	Día prom.	Noche prom.	Noche máx
Aparatos de ejercicio	3.60	4.26	4.33	5.02
Primaria	1.35	1.86	1.36	2.01
Casa de cultura	0.14	0.19	0.18	0.35
Centro de yoga	0.48	1.10	0.17	0.33
Casa habitación	1.65	2.37	1.36	1.91
Juegos	4.00	5.08	5.13	5.54
Negocio	2.64	3.40	2.66	2.93
Centro de salud	1.16	1.36	1.06	1.21

Sitios	Radiofrecuencia (μW/m²) Promedio	Máx.
Aparatos de ejercicio	31.4	42.7
Primaria	43.8	67.0
Casa de cultura	18.4	19.9
Centro de yoga	22.3	26.0
Casa habitación	18.2	49.9
Juegos	86.1	82.3
Negocio	83.2	111.4
Centro de salud	21.7	25.0

Tanto en valores promedio como en valores máximos, el análisis estadístico (prueba de Kruskal-Wallis) muestra que no hubo diferencia significativa entre las emisiones matutinas y las nocturnas, ni en el mismo sitio, ni entre los sitios, tampoco hubo diferencias significativas en general con respecto a las mediciones entre la zona centro de Xochimilco y Ampliación Tepepan ($p > 0.05$). Cabe señalar que durante las mediciones de un punto a otro el medidor se llevó encendido, lo que permitió registrar pulsos de hasta 10000 μW/m² fuera de los puntos de muestreo.

Tabla 3.8 Límites de exposición a RNI de acuerdo con las normativas nacionales e internacionales de exposición.

Límites de exposición a RNI de acuerdo con la ICNIRP y la NOM-015

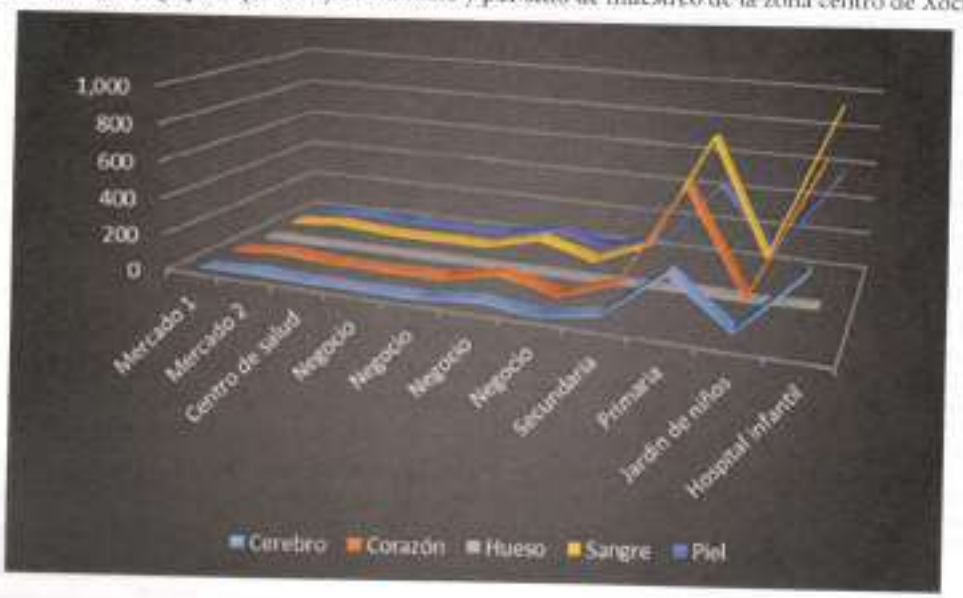
Laboral							
ICNIRP		México		ICNIRP			México
CE	CM	CE	CM	RF/MO			
25 Hz-300Hz		–	–	400 MHz-2000 MHz	2 GHz-300 GHz		–
(V/m)	(μT)	(V/m)	(μT)	(W/m²)			
5000	1000	200	0.6	40		50	100

Población general							
ICNIRP		México		ICNIRP			México
CE	CM			RF/MO			
50 Hz-400 Hz		–	–	400 MHz-2000 MHz	2 GHz-300 GHz		–
(V/m)	(μT)			(W/m²)			
2500	200	–	–	10		10	–

Referencia	Frecuencia (GHz)	Efectos	Cerebro	Corazón	Hueso	Sangre	Piel
			SAR (mW/Kg)				
Paulraj, 2006	2.45	Ruptura de ADN	296.96	629.87	13.86	744.17	425.11
Chauhan, 2017	2.45	Producción de radicales libres (e.g. LPOs)	593.93	1259.75	27.71	1488.33	850.22
Bayat, 2017	0.9	Prolonga la duración de las infecciones	267.27	566.89	12.47	669.75	382.60
Lebedeva, 2000; Mohler, 2010	0.3 - 5	Trastornos del sueño	0.03	0.06	0.00	0.07	0.04
Fargács, 2006; Persson, 1997;	1.8	Reducción de la fertilidad	59.39	125.97	2.77	148.83	85.02
Salford, 2003	0.9 - 1.8	Tumores cerebrales	2.97	6.30	0.14	7.44	4.25
Velizarov, 1999; Richter, 2000	500 - 3	Cáncer (no cerebral)	14.85	31.49	0.69	37.21	21.26
Khurana, 2010	0.3 - 5	Arritmias, problemas vasculares	0.30	0.63	0.01	0.74	0.43
Thomas, 2010	0.9 - 2.4	Trastornos de comportamiento*	29.70	62.99	1.39	74.42	42.51
Buchner, 2011	1.8	Trastonros Hormonales	29.70	62.99	1.39	74.42	42.51
Thomas, 2010; Hardell, 2016	0.9 - 1.8	Trastornos de comportamiento*	0.30	0.63	0.01	0.74	0.43

*Trastornos de sueño, déficit de atención e hiperactividad, problemas emocionales y problemas de relación entre iguales.

Valores de SAR (μW/kg) por tipo de tejido humano y por sitio de muestreo de la zona centro de Xochimilco.



Respecto a la tasa de absorción el valor promedio general en todos los puntos de la zona centro, y para todos los tipos de tejido fue de 1.62x10-4 W/kg, con un máximo de 3.67x10-4 W/kg (hospital infantil) y un mínimo de 1.87x10-7 W/kg (negocio). En que para la zona habitacional el valor promedio general fue de 1.87x10-5 W/kg con un máximo de 3.94x10-5 W/kg (juegos infantiles) y un mínimo de 2.52x10-7 W/kg (casa habitación).

3.6.6 Observaciones

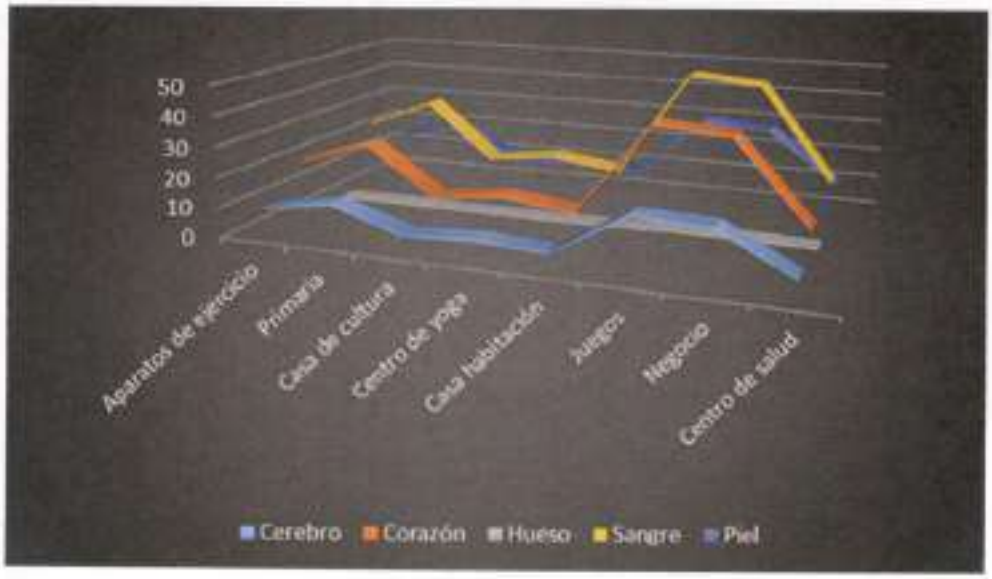
Los valores generales promedio registrados de CM en la presente investigación fueron de 0.95 μT en la zona centro y 1.94 μT en la zona habitacional, estos son similares a los valores obtenidos en estudios similares en otras ciudades del mundo, por ejemplo, 1.1 μT en Teherán, Irán (Zazouli et al., 2013). Respecto del campo magnético, la mayoría de los valores obtenidos en la zona habitacional, en día y noche, se encontraron por encima de los 0.3 μT, y esto cobra relevancia debido a que la exposición residencial infantil a intensidades superiores a ésta se ha relacionada con el desarrollo de distintos tipos de leucemias agudas (LA) (Ferris et al., 2010; Kelfkens, 2017), particularmente de los tipos LA linfoblástica y LA mieloide (Tlacuilo-Parra et al., 2017). En cuatro de los cinco negocios donde se tomaron lecturas se obtuvieron valores superiores a 1 μT, intensidad a la cual se ha reportado que es suficiente para desencadenar trastornos de sueño.

Por otro lado, Buchner y Eger (2011) reportan que las RF con intensidades muy próximas a los 100 μW/m2 son suficientes para desencadenar alteraciones en neurotransmisores asociados al estrés como la feniletilamina, adrenalina, noradrenalina y dopamina.

Aunado a lo anterior, en casos más extremos se ha reportado la correlación entre la recepción a intensidades superiores a 1000 μW/m2 y los casos de mortalidad por neoplasia (Dode et al., 2011).

Por otra parte, si se considera la tasa de absorción específica (SAR) de 1 mW/kg reportado por autores como Dawe et al., (2006) y Dhami, (2012) los valores obtenidos en el presente estudio están por debajo del umbral estimado para desencadenar efectos adversos a la salud. No obstante, al considerar lo reportado por varios autores (tabla 4), el valor SAR de 1 mW/kg es considerablemente alto para desencadenar efectos adversos en la salud como se observa en la tabla 4, de manera que, considerando exclusivamente el valor general SAR promedio estimado para la zona centro de Xochimilco (162

Valores de SAR (μW/kg) por tipo de tejido humano y por sitio de muestreo de la zona habitacional de Xochimilco.



μW/Kg), los habitantes pueden ser afectadas potencialmente y exhibir los síntomas de trastornos de comportamiento: alteraciones de sueño, déficit de atención e hiperactividad, problemas emocionales y problemas de relación entre, así como de trastornos hormonales; En la zona habitacional (SAR promedio de 18 μW/Kg), de acuerdo con éste criterio, las personas pueden ser afectadas únicamente por trastornos de comportamiento.

Los resultados de este trabajo, sugieren que los pobladores de Xochimilco están en riesgo potencial de desarrollar algunas de las afecciones vinculadas a la exposición crónica a RNI, particularmente los problemas de comportamiento que están asociados a cercanías de menos de 500 metros de torres de comunicación, como problemas emocionales, problemas de conducta, problemas de relaciones de pareja, e inclusive un incremento de los casos de niños diagnosticados con TDAH, es decir, trastornos de déficit de atención e hiperactividad.

3.6.7 Conclusiones

Los valores de RNI obtenidos en las mediciones son lo suficientemente altas como para desencadenar síntomas como: anomia, dificultad para concentrarse, problemas de memoria, aprendizaje y comportamiento, así como trastornos del sueño y del sistema inmune; también se les relaciona con afecciones más severas como la leucemia infantil aguda. A pesar de lo anterior, se encuentran por debajo de los límites permisibles por la ICNIRP.

Dentro de la población existen grupos más vulnerables (niños y adolescentes), que son más susceptibles a problemas específicos como problemas de comportamiento y leucemia infantil aguda, por lo que hay que generar acciones para minimizar su exposición a las RNI.

Es necesario continuar las investigaciones concernientes a las RNI y los efectos en la salud, así como monitorear y regular continuamente sus emisiones de RNI para evitar llegar a problemas de salud más severos como el desarrollo de neoplasias o leucemia infantil aguda.

Finalmente, se recomienda aplicar el principio precautorio ante este problema de salud pública, considerando que existen otros problemas de contaminación de distintos orígenes que pueden interactuar sinérgicamente con las RNI en la generación de efectos adversos a la salud.

Telecomunicaciones cuyo significado es "comunicaciones a distancia" es el nombre genérico que se utiliza para describir las tecnologías, técnicas e inventos necesarios para llevar a cabo la transmisión y recepción de cualquier fuente de información (voz, datos, imágenes, video, olores, sensaciones táctiles, señales entre máquinas, robots, etc.) mediante el uso de señales electromagnéticas entre un emisor y receptor. En este capítulo se describe la importancia de reglas que ayuden a prevenir la radiación, mientras esperamos resultados a mediano plazo en la salud.

Capítulo IV
Propuesta de soluciones

El equilibrio ideal entre la demanda de servicios y la capacidad tecnológica que satisfaga todas las necesidades de comunicación del ser humano es la meta a corto/mediano plazo que tienen las telecomunicaciones. Existen varios elementos que determinarán este equilibrio, primero alcanzar la interconectividad general es decir que todas las cosas y todos los seres humanos estén interconectados con anchos de banda ilimitados, velocidades ad-hoc al requerimiento del servicio y almacenamientos infinitos.

Un segundo elemento es la integración generacional, aun cuando todo es muy normal y común para los nativos digitales como la generación "Z"(2001-2010) y la generación "Y" o "millenials" (1980-2000) existe una segregación impersonal para las generaciones precedentes, empezando por los *Baby Boomers* (1946-1964) nacidos en el mundo analógico y que han vivido los avances de las tecnologías TICs (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) los últimos 60 años, experimentando y adaptándose poco a poco desde una oferta de pocos servicios hasta la integración de múltiples servicios utilizados ampliamente por la generación "X" (1965-1979) nacidos en el inicio de la digitalización. (Fig. 4.1)

La tecnología prometida y esperada para este equilibrio es la denominada 5G y su evolución posterior la cual se ha venido gestando con la experiencia, adaptación y explotación de otras generaciones tecnológicas. Atrás quedaron la 1G, la de aquellos primeros teléfonos móviles que solo permitían usar un canal para la transmisión de voz, la 2G que introdujo los mensajes SMS y aparece de manera básica el teléfono inteligente o 'smartphone' que se convirtió en una herramienta de comunicación cada vez más amplia. La 3G incorporó la conexión a Internet y después 4G con la banda ancha, misma que trajo consigo la reproducción de videos en tiempo real (streaming) o la realidad aumentada, algo a lo que ya estamos muy acostumbrados, pero que hace unos pocos años eran completamente inviables (Fig. 4.2).

La integración generacional está teniendo su prueba de fuego desde el 2020 con la pandemia del virus SARS-CoV-2 o Covid-19, ya que la

Fig. 4.1 Clasificación Generacional

adaptación a este cambio de estas generaciones se esperaba de manera gradual, desafortunadamente se ha visto acelerada por los eventos que padece el mundo, sufriendo una de las más grandes crisis sanitarias de los últimos 100 años, sólo comparable a lo ocasionado por una guerra mundial, ya que todo el planeta ha sido involucrado.

Hoy la humanidad habla de la "nueva normalidad" que entre otras cosas ha resultado fundamental el uso masivo de servicios de telecomunicaciones en el diario vivir, convivir, divertirse y trabajar. Como resultado de esto cabe destacar que un efecto importante de esta nueva normalidad ha sido la adquisición masiva de productos que mejoran el acceso a servicios, así una vez salidos de la crisis pandémica aparecerán dos efectos colaterales impactando directamente a la contaminación ambiental del planeta, por un lado "la basura electrónica" y por el otro, "un incremento sostenido en la radiación electromagnética emitida".

A este escenario se añade la llegada de la tecnología 5G que es inalámbrica y que propone su uso en millones de equipos que ofrecerán una infinidad de servicios. La promesa de la 5G es aumentar la velocidad, reducir la latencia y mejorar la flexibilidad de los servicios inalámbricos, en resumen, mejorar el rendimiento de las aplicaciones comerciales y de otras experiencias digitales (como juegos en línea, videoconferencias y automóviles con piloto automático). La tecnología 5G introducirá ventajas en toda la arquitectura de red. La nueva radio 5G, el estándar global para un área inalámbrica 5G con mayor capacidad abarcará espectros que 4G no utiliza. Las nuevas antenas incorporarán tecnología conocida como MIMO (entrada múltiple, salida múltiple) en masa, lo que permite que múltiples transmisores y receptores transfieran más datos al mismo tiempo. Adicionalmente la tecnología 5G no se limita al espectro de la nueva radio, está diseñada para admitir una red convergente y heterogénea que combine tecnologías inalámbricas con y sin licencia y esto añadirá ancho de banda disponible para los usuarios.

Las arquitecturas 5G son plataformas definidas por software, donde la funcionalidad de la red se

Fig. 4.2 Generación de Telefonía Celular

Red de comunicación móvil de Quinta Generación (5G)
Frecuencia: 3 a 300 GHz

Red de comunicación móvil de Cuarta Generación (4G)
Frecuencia: En América del Norte se utilizan 700,750,800,850,1900,1700/2100 (AWS), 2300 (WCS) 2500 y 2600 MHz (bandas 2, 4, 5, 7, 12, 13, 17, 25, 26, 30, 41); 2500 MHz en América del Sur; 700, 800, 900, 1800, 2600 MHz en Europa(bandas3,7,20);800,1800y2600MHzenAsia(bandas1,3,5,7,8,11,13,40) 1800 MHz y 2300 MHz en Australia y Nueva Zelanda (bandas 3,40).
Ancho de Banda: 5-20 MHz, opcionalmente hasta 40MHz

Red de comunicación móvil de Tercera Generación (3G)
Frecuencia: 8 - 2,5GHz
Ancho de banda: 5 - 20MHz

Red de comunicación móvil de Segunda Generación (2G)
Frecuencia: 850 - 1900 MHz (GSM) y 825 - 849 MHz(CDMA)
Ancho de banda: GSM divide cada canal de 200 kHz en bloques de 25 kHz, El canal CDMA es nominalmente de 1,23MHz

Red de comunicación móvil de Primera generación (1G)
Frecuencia: 800- 900MHz
Ancho de banda: 30 kHz. La banda tiene capacidad para 832 canales dúplex, entreloscuales21estánreservadasparaelestablecimientodellamada,yelresto para la comunicación de voz

administra a través de software en lugar de hacerlo a través de hardware como en las generaciones anteriores. Los avances en cuanto a virtualización, tecnologías basadas en la nube y automatización de procesos de TI y comerciales, permiten que la arquitectura 5G sea ágil, flexible y ofrezca acceso al usuario en cualquier momento y lugar. Las redes 5G pueden crear constructos de subred definidos por software, conocidos como segmentos de red, estos segmentos permiten que los administradores de red determinen la funcionalidad de la red de acuerdo con los usuarios y los dispositivos.

5G también mejora las experiencias digitales, gracias a la automatización con aprendizaje automático o machine learning (ML). La demanda de tiempos de respuesta en fracciones de segundo (como las de los automóviles con piloto automático) requiere que las redes 5G utilicen la automatización con ML y, eventualmente, conocimiento profundo e inteligencia artificial (IA). El aprovisionamiento automatizado y la administración proactiva del tráfico y los servicios reducirán el costo de infraestructura y mejorará la experiencia conectada.

En el sector de servicios de salud, la tecnología 5G y la conectividad WiFi permitirán que los pacientes se monitoreen a través de dispositivos conectados que generarán de forma constante datos sobre indicadores clave para la salud, como el ritmo cardiaco y la presión arterial. En el sector automotriz, la tecnología 5G en combinación con los algoritmos impulsados por ML ofrecerá información sobre tráfico, accidentes, etc., los vehículos podrán compartir información entre sí y con entidades sobre las carreteras, como los semáforos.

El espectro electromagnético representa la distribución de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica ya sea en frecuencia o en longitud de onda. El Espectro radioeléctrico representa la gama de frecuencias utilizadas para las telecomunicaciones.

Estas son solo dos aplicaciones en la industria de la tecnología 5G que pueden ofrecer experiencias mejores y más seguras a los usuarios.

Gracias a esta nueva tecnología podremos, por ejemplo, aumentar exponencialmente el número de dispositivos conectados. Vehículos, robots industriales, mobiliario urbano (paradas de autobús) o cualquier dispositivo electrónico que tengamos en casa (desde la alarma, la lavadora, la nevera o el robot aspirador) podrán conectarse y compartir información en tiempo real.

La tecnología 5G requiere parte del espectro radioeléctrico para funcionar, se encuentra dividido en tres rangos de frecuencia clave para brindar una cobertura amplia y admitir todos los casos de uso: Los tres rangos son: Por debajo de 1 GHz, entre 1-6 GHz y por encima de 6 GHz.

El rango por debajo de 1 GHz permite una cobertura amplia en zonas urbanas, suburbanas y rurales, y contribuye al soporte de los servicios de la Internet de las Cosas (IoT).El rango entre 1-6 GHz ofrece una buena combinación de beneficios de cobertura y capacidad, incluye espectro dentro del rango de 3.3-3.8 GHz, y se espera que este sea la base de muchos servicios 5G iniciales, también incluye otros que pueden ser asignados o reorganizados por los operadores para 5G, incluyendo 1800 MHz, 2.3 GHz y 2.6 GHz, entre otros. A largo plazo, se requerirá más espectro para mantener la calidad de los servicios 5G y la creciente demanda, en bandas entre 3 y 24 GHz... El rango por encima de 6 GHz es necesario para lograr las velocidades de banda ancha ultra-altasprevistaspara5G.

Actualmente, las bandas de 26 GHz y 28GHz cuentan con el mayor apoyo internacional en este rango. Un tema clave en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 (CMR-19) de la UIT fue establecer un acuerdo internacional sobre las bandas 5G por encima de 24GHz.

La GSMA (Asociación de telefónicas de celulares de servicios globales) recomienda apoyar las bandas de 26 GHz, 40 GHz, 50 GHz y 66 GHz para los servicios móviles y garantizar que el espectro en las bandas entre 3 GHz y 24 GHz se pueda asegurar en la siguiente CMR en 2023.

El 5G cuya infraestructura será la base d Internet de las cosas (Internet of Things, IoT, p sus siglas en inglés) es promovido con la promes de apoyar la creación de ciudades "inteligentes lo que lleva a una vida más "cómoda, convenient y eficiente". Se conectarán en la IoT (Internet d las Cosas) a animales, tuberías de agua, personas incluso zapatos, árboles, las vacas lecheras, masco tas, "el mundo tendrá la posibilidad de convertirs en un lugar mejor"; será la interconectividad total

En concreto, para brindar dicha cobertura s requiere de hasta 10 veces más el número de an tenas instaladas a la fecha, según la Asociación Interamericana de Empresas de Telecomunicaciones (ASIET). Lo que se traduce en promedio en 200,000 antenas a nivel nacional para 5G sólo en el arranque, que harán posible las conexiones para el uso de internet y voz móvil. En el futuro a mediano plazo se espera según la densidad de población llegar a contar hasta cientos de miles de antenas por colonia.

En la Unión Europea, se colocarán alrededor de 1 millón de dispositivos por Km^2. La densidad de este dispositivo provocará un aumento del tráfico de datos y la necesidad de instalar celdas pequeñas para permitir un rendimiento de conectividad adecuado, con un incremento de la densidad de las antenas instaladas.

Una proyección hecha en 2011 dice que, para 2024, con unos 7 600 millones de habitantes en el mundo, habrá 50 mil millones de dispositivos conectados y que cada persona estará conectada con 6.58 dispositivos inalámbricos. Lo cual inherente a ello aumentará exponencialmente, la exposición de los seres vivos a campos electromagnéticos artificiales. Habrá más datos generados por los usuarios-compradores, que los corporativos informáticos venderán a los comerciantes por Internet, esto contribuirá al ya elevado consumo existente.

Como ha sucedido en la historia de la tecnología, el 5G-IoT se muestra como la panacea y la solución a casi todos los problemas sociales, económicos (es un negocio billonario), de comunicación, educación, transporte, producción, energía, administración, etc. Además, esta Frecuencia Extrema-

damente Alta del 5G tiene uso militar en las armas no letales, y en muchas otras tecnologías.

Por lo anterior descrito, surgen preguntas:

- ¿Por qué se dice que la 5G tiene efectos negativos en la salud humana?
- ¿Por qué algunos se preocupan por los posibles riesgos para la salud?
- ¿Es posible que la radiación electromagnética utilizada por todas las tecnologías de telefonía celular pueda influir en el desarrollo de ciertos tipos de cáncer?

Como respuestas concretas para ello se puede comentar lo siguiente:

En 2014 la Organización Mundial de la Salud (OMS) indicó que "no se han establecido efectos adversos a la salud causados por el uso de teléfonos celulares".

Sin embargo, la OMS junto con la Agencia Internacional para la Investigación de Cáncer (IARC) clasificó toda la radiación de las frecuencias de radio (de la cual las señales de móviles forman parte) como "posibles carcinógenos". Fue puesta en esta categoría porque "hay evidencia que no llega a ser concluyente de que la exposición puede causar cáncer en humanos".

Un informe de toxicología publicado en 2018 por el Departamento de Salud de Estados Unidos dirigido a quienes expresaron temores de seguridad encontró que ratas macho expuestas a altas dosis de radiación de frecuencia de radio desarrollaron un tipo de tumor canceroso en el corazón.

Ahora en 2020 ¿Por qué se habló de una asociación entre el 5G y el COVID-19? ¿De dónde nace esta idea? En el Reino Unido se han quemado antenas, se golpea a los técnicos que las instalan y se amenaza a autoridades, todo por un cuestionable video que apunta a esta nueva tecnología como culpable de expandir el virus. "Antes de cada pandemia de los últimos 150 años, hubo un salto cuántico en la electrificación de la Tierra". Así comienza el video publicado el 18 de marzo por el Dr. Thomas Cowan, que en 10 minutos explica en una pizarra cómo las pandemias están vinculadas a la "electrificación" de la Tierra, y la forma en que la tecnología 5G que se instala en las antenas ayuda a la propagación del temible virus. En el video, Cowan afirmaba que Wuhan, ciudad donde se inició el nuevo brote de coronavirus, fue la primera ciudad con 5G en el mundo. Esto en teoría coincidía con la llegada de esta tecnología a China en octubre de 2019, dos meses antes que comenzara la pandemia. Además, añadía las fechas de implementación de otras tecnologías como las sondas de radio en 1916 y la gripe española en1918; el 3G y el SARS en 2003; y el 4G y la gripe porcina en 2009. La bomba ya había explotado. Hasta su eliminación de YouTube, el video había sido visto por 660 mil usuarios y compartidos miles de veces. Así, estas afirmaciones comenzaron a diseminarse como un verdadero virus cuando llegaron a Facebook, Instagram y WhatsApp, comprobado terreno fértil para noticias falsas.

En decenas de foros se compartió la fotografía (Fig. 4.3) de un póster acusando a las torres de redes 5G de ser "la verdadera causa de la muerte", y el video se multiplicaba sin control. Usuarios crearon un mapa de calor haciendo coincidir arbitrariamente y sin fuente alguna los lugares con redes 5G en Estados Unidos y los casos de coronavirus en el país. Por otro lado, influencers de Instagram y celebridades como una actriz y un boxeador ambos ingleses prefirieron compartir el contenido para hacerlo viral y llenarse de seguidores antes que verificar la información.

En Birmingham (Reino Unido) la locura fue más allá y vándalos quemaron torres 5G. Mientras tanto, elaborados textos añadían los ingredientes faltantes para la engañosa ecuación (nuevo orden mundial, etc.), afirmando que una vacuna tenía el poder de ser "activada" mediante las ondas de estas antenas. Se crearon grupos de Facebook "anti 5G" en donde se aseguraba que la radiación supuestamente hace que se eleve la temperatura del cuerpo humano y se debilite el sistema inmune, mientras que una petición colectiva en change.org llegó a 100 mil firmas para detener la "siniestra" tecnología.

¿Distractores de la realidad? Estos movimientos en vez de ayudar crean una incertidumbre que lle-

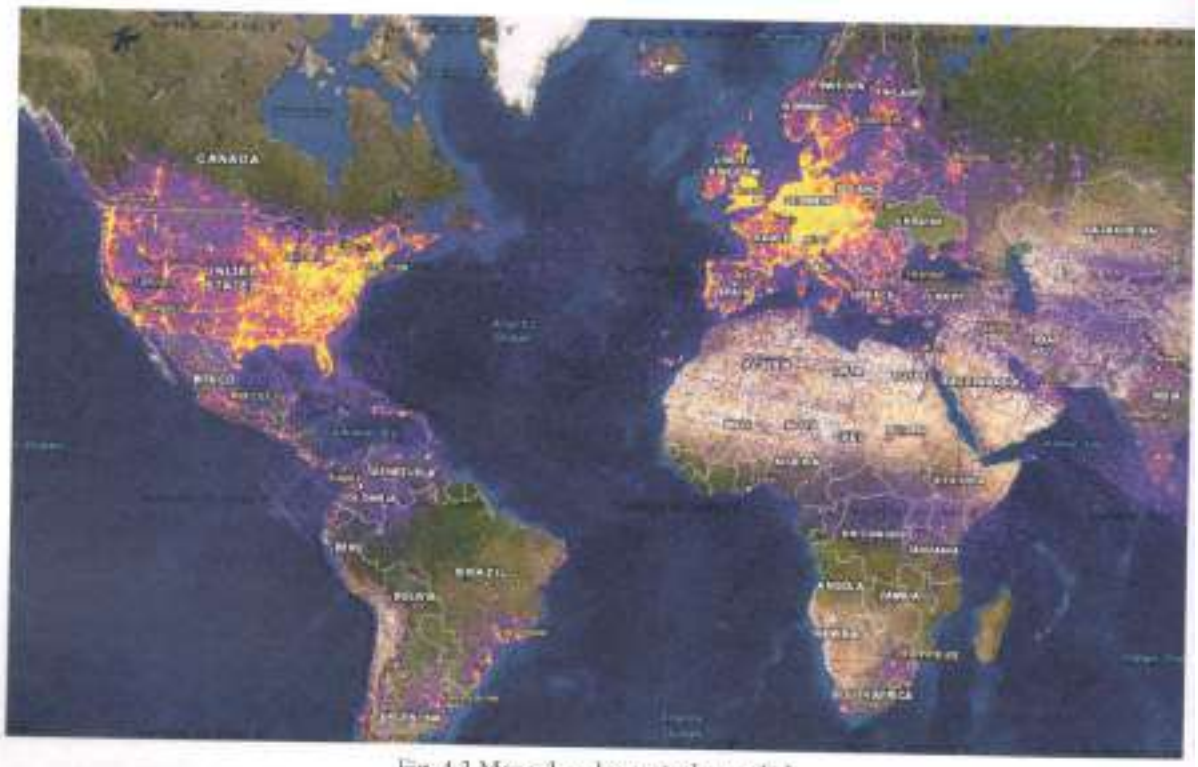


Fig. 4.3 Mapa de calor a nivel mundial

van a la sociedad a un desequilibrio en la búsqueda de la verdad y a una oportunidad para las empresas de buscar planes mejores en la penetración de esta nueva tecnología.

Lo que sí se puede decir es que con la exposición a las ondas milimétricas se presenta un aumento en la temperatura de la piel, estimulación de la proliferación celular, alteración de funciones de la membrana celular y afectaciones de los sistemas neuromusculares. La piel es el órgano complejo más grande del cuerpo humano es la base del sistema de transpiración y su función fundamental es la termorregulación corporal. La piel es la matriz de los conductos del sudor o glándulas sudoríparas, que son tubos de forma enrollada llenos de una solución acuosa-conductora.

Se ha observado, desde 2008, que las glándulas sudoríparas se comportan como antenas helicoidales para la banda de ondas milimétrica y sub-milimétrica. En el intervalo de 75 GHz a 110 GHz probado in vivo, se tiene una elevada absorción de esta energía que se transforma en calor. La respuesta espectral de esta región está determinada por la intensidad de la transpiración, es decir de la conductividad del conducto sudoríparo. El nivel de actividad del sistema de transpiración depende del estrés humano (físico, mental y emocional), es decir del sujeto en particular expuesto a estas microondas. La absorción de esta zona de 75 GHz a 110 GHz, también se correlaciona con el estrés fisiológico (efecto no térmico) manifestado por la disminución de la frecuencia del pulso y de la presión arterial sistólica, al inicio de la exposición. Permaneciendo éstas a niveles reducidos, suben y bajan en los 30 minutos de exposición observada en personas.

Las bacterias y otras células se comunican entre sí mediante el campo electromagnético. La bacteria Escherichia coli, una integrante fundamental de las bacterias no patógenas presentes en el intestino humano, así como muchas otras bacterias, también se ven afectadas por la exposición a las frecuencias extremadamente altas. Se observó disminución de su crecimiento y cambios en propiedades y actividades. Estos cambios traen como consecuencia, modificaciones en la sensibilidad a sustancias químicas bioactivas, incluidos los antibióticos. Estos resultados son preocupantes, por el grave problema

de salud pública mundial que representa en la actualidad la resistencia bacteriana a los antibióticos.

Investigadores del área, médicos, pediatras y médicos medioambientales, así como ciudadanos con Electro-hipersensibilidad (EHS) de organizaciones internacionales y nacionales en diferentes países, consideran que existen numerosos estudios científicos que evidencian los daños a la salud humana, plantas y animales por estas radiaciones

El nivel ya existente de la radiación electromagnética de origen tecnológico es tan alto que desde 2014, en la NASA, se ha detectado una burbuja o capa magnética artificial, de frecuencias extremadamente bajas (FEB) alrededor de la Tierra. Ésta se forma cuando las comunicaciones de radio desde el suelo interactúan con partículas de radiación de alta energía en el espacio y que a veces puede observarse por las naves espaciales que orbitan el planeta. Esta burbuja es un accidente, es una magnetósfera artificial, que es un resultado no deseado de la interacción entre la tecnología humana y la naturaleza. Se puede formar cuando los submarinos, cerca de la superficie del océano, utilizan comunicaciones de radio con ondas de muy baja frecuencia o FEB.

Ya desde 1959 se reportó que la radio frecuencia o RF intermitente o pulsada, generada por los radares provoca aberraciones importantes en el material genético de los operadores y personal de mantenimiento de estos equipos. Desde entonces se ha producido una gran cantidad de publicaciones de tipo epidemiológico, con animales de laboratorio, de cultivo de tejidos humanos y a nivel molecular, que siguen evidenciando los daños a la salud de este tipo de energía radiante de origen tecnológico, que tiene propiedades diferentes a los campos electromagnéticos naturales generados en la Tierra y que en la actualidad tienen niveles considerablemente altos.

La tecnología 5G apenas se encuentra en planes de instalación en algunos países por el momento no se le ha relacionado oficialmente con alguna enfermedad a pesar de declaraciones sobre efectos en la pandemia por el coronavirus. La OMS si se ha pronunciado sobre los efectos que sobre la salud puede tener la tecnología 5G. La organización dependiente de la ONU se ha pronunciado al respecto afirmando que "hasta la fecha, y después de muchas investigaciones realizadas, no se ha relacionado ningún efecto adverso para la salud con la exposición a las tecnologías inalámbricas. Las conclusiones relacionadas con la salud se extraen de estudios realizados en todo el espectro radioeléctrico, pero, hasta ahora, sólo se han realizado unos pocos estudios en las frecuencias que utilizará el 5G. El calentamiento de los tejidos es el principal mecanismo de interacción entre los campos de radiofrecuencia y el cuerpo humano. Los niveles de exposición a las radiofrecuencias de las tecnologías actuales dan lugar a un aumento insignificante de la temperatura en el cuerpo humano". La OMS esgrime que "a medida que la frecuencia aumenta, hay menos penetración en los tejidos del cuerpo y la absorción de la energía se limita más a la superficie del cuerpo (piel y ojos). Siempre que la exposición general se mantenga por debajo de las directrices internacionales, no se prevén consecuencias para la salud pública".

Vivimos en tiempos donde ya no sabemos que creer. Dudamos de las "pruebas" que los dirigentes mundiales enseñan, porque, ¿qué no puede ser manipulado? Además, no existen estudios científicos que hayan investigado el solapamiento entre las sensibilidades químicas y las eléctricas.

Es necesario investigar en profundidad la relación de la contaminación electromagnética con otras muchas enfermedades cuyo número de afectados no para de crecer en los últimos años sin que se encuentren explicaciones satisfactorias. Los órganos que han mostrado ser especialmente susceptibles a la radiación incluyen los pulmones, sistema nervioso, corazón, ojos, testículos y glándula tiroidea.

Suecia primer país en reconocer los daños que puede provocar la contaminación electromagnética en la salud pública, incluso como condición médica válida por incapacidad que hace que este país disponga de una institución pública que ayuda a las personas que enferman por esta causa. Estamos ante el mayor problema sanitario y medioam-

biental del mundo, muy por encima del provocado por el aumento de emisiones de CO2 y del cambio climático.

Una tecnología que no se ha demostrado que sea inocua para la población y que en este caso concreto está demostrado que puede ser dañina jamás deberá considerarse un avance, más bien un retroceso que puede conducirnos al precipicio. Durante los últimos años parece que hemos admitido que cualquier sistema tecnológico que sustituya a otro es por defecto mejor. Nadie pone en duda los beneficios que hemos obtenido sólo que la demanda rebasó por mucho la seguridad al aceptar todos los avances como buenos sin contar con normas y reglamentos que minimicen el riesgo de daños. Una tecnología nociva es un atraso pues nadie informado y en su sano juicio cambiaría su salud por una tecnología por muy moderna que fuera. La cualidad de moderno no es un valor por sí mismo si no sirve con calidad y seguridad a las personas.

Después de analizar la problemática en mi país, haber realizado pruebas personalmente y haber trabajado en equipo con un grupo de médicos especialistas en la Leucemia con más de 20 años de experiencia en casos de Leucemia infantil, presento una serie de recomendaciones que tienden a contribuir en su solución.

A continuación, se enuncian varias recomendaciones, divididas por sector o entorno de influencia. El objetivo es que los lectores que pertenezcan a estos sectores puedan aplicar lo que se recomienda de acuerdo con sus posibilidades.

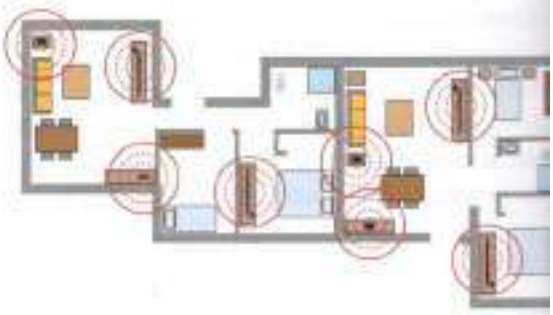
4.1 Recomendaciones Generales

Es muy importante que se identifique que todos los niños pueden estar en riesgo de tener leucemia si están viviendo en un ambiente de alta contaminación electromagnética. Nuestros hijos, nuestros amigos, nuestros familiares pueden enfermarse y en ese momento nos vamos a preocupar y vamos a tomar medidas correctivas y tal vez pueda ser demasiado tarde.

Es indispensable que seamos proactivos y [illegible] antes de observar síntomas del problema podamos inspeccionar el entorno de vida de estos niños: su casa, en su escuela, en su colonia, en los sitios donde acostumbra a estar durante un largo periodo de tiempo.

Después de haber identificado las diversas fuentes de radiación y después de haber verificado los entornos de los pacientes con problemas de radiación ya sabemos cuáles pueden ser los diversos entornos negativos para el desarrollo de la leucemia:

- Vivir muy cerca de plantas industriales o lugares que requieran alta tensión.
- Vivir a menos de 30 metros de las torres de cableado eléctrico de alta tensión.
- Vivir a menos de 30 metros de un transformador de alta tensión.
- Vivir a menos de 30 metros de una torre de antenas celulares.
- Exponerse por más de 4 horas continuas en los sitios mencionados anteriormente.
- Estar por más de una hora diaria a menos de un metro de distancia del horno de microondas encendido.
- Estar por más de 8 horas continuas frente a una computadora
- Estar por más de 4 horas sacando copias fotostáticas
- Usar el celular o la Tablet por más de 8 horas continuas.
- Estar por más de 4 horas continuas a menos de 2 metros de distancia de una televisión o pantalla.
- Estar por más de una hora continua enfrente de una antena de microondas o WiFi. Etc.
- Estos entornos los identificamos diariamente en nuestra casa, nuestra colonia y nuestra ciudad en diferentes ámbitos de desarrollo.



Por tal motivo se hacen recomendaciones específicas para cada uno de estos ámbitos.

4.2 Recomendaciones al Gobierno

Los diputados deben sugerir la creación de un organismo de supervisión que sea orientado a la salud y no a la tecnología. Un organismo del poder ejecutivo federal de México con autonomía presupuestaria y de decisión encargado de proteger a los ciudadanos de los riesgos de la REM públicos y privados.

Este organismo debe poder:

- Emitir recomendaciones de ley para evitar REM en zonas habitacionales, lugares de alto tráfico transeúnte, lugares recreativos y centros de trabajo.
- Otorgar permisos (condicionar) para instalar antenas, líneas de alta tensión, plantas industriales y lugares de manejo de alta tensión.
- Otorgar permisos (condicionar) para fabricar, comercializar y usar dispositivos contaminantes.
- Auditar instalaciones ya realizadas.
- Emitir normas que definan los niveles máximos y mínimos permitidos en una aplicación determinada con REM.
- Exigir a los centros de salud datos estadísticos de casos de Leucemia infantil para poder identificar posibles zonas de contaminación y tomar acciones precautorias.
- Exigir a los centros de salud utilizar herramientas de georreferenciación y bases de datos de enfermedades crónicas degenerativas que permitan tomar medidas precautorias.
- Interactuar con la secretaría de energía, la secretaría de comunicaciones y transportes, la secretaría de salud, la secretaría del trabajo, la secretaría de educación pública y la secretaría de desarrollo social para que se regularicen todos los servicios de infraestructura de tal forma en que no se generen zonas de contaminación electromagnética.
- Interactuar con la secretaría de energía, la secretaría de comunicaciones y transportes, la secretaría de salud, la secretaría del trabajo, la secretaría de educación pública y la secretaría de desarrollo social para que se normalicen todos los proyectos de infraestructura y permisos de negocios para que no se generen zonas de contaminación electromagnética. (y para que se actualicen estadísticas de afectación)

4.3 Recomendaciones a la Comisión Federal de Electricidad

Realizar auditorías continuas para que identifiquen viviendas construidas a menos de 30 metros de distancia de sus líneas de alta tensión y notificar al ayuntamiento responsable para solicitar al propietario de dicho inmueble cambiar de residencia y darle a conocer los riesgos de salud.

Generar anuncios al público para evitar riesgos de REM

No instalar transformadores de alta potencia a menos de 30 metros de distancia de casa habitación, oficinas, escuelas, hospitales o centros de trabajo.

Auditar instalaciones eléctricas privadas de alta tensión en empresas o pequeños negocios.

Autorizar diseños de redes eléctricas privadas de alta tensión.

Clausurar negocios o lugares públicos que no cumplan con las normas de prevención de REM.

Capacitar a instituciones públicas y privadas respecto a la REM por instalaciones eléctricas.

Premiar o certificar a empresas que cumplan con los estándares de instalaciones eléctricas. (sería bueno auditar a casas para analizar campos electromagnéticos)

4.4 Recomendaciones a las instituciones educativas

Cumplir con los estándares de cumplimiento de los niveles de REM permitidos por la OMS y por el gobierno federal (cuando existan) para escuelas y centros educativos.

Generar anuncios a los padres de familia para evitar riesgos de REM.

Capacitar a los padres de familia y a los alumnos respecto a la REM.

4.5 Recomendaciones al sector salud

Cumplir con los estándares de cumplimiento de los niveles de REM permitidos por la OMS y por el gobierno federal (cuando existan), para hospitales, clínicas y consultorios médicos.

Generar anuncios a los pacientes y familiares para evitar riesgos de REM.

Capacitar a su personal respecto a la REM.

Implementar una herramienta de estadísticas georreferenciadas de enfermedades crónicas degenerativas para tomar medidas precautorias por paciente.

Definir una metodología de atención y seguimiento a casos de Leucemia infantil para medir sus entornos y complementar el tratamiento a los pacientes con acciones precautorias.

4.6 Recomendaciones a empresas constructoras

Cumplir con los estándares de cumplimiento de los niveles de REM permitidos por la OMS y por el gobierno federal (cuando existan), para construcción de edificios y plantas industriales.

Generar anuncios a los pacientes y familiares para evitar riesgos de REM.

Capacitar a su personal respecto a la REM.

Recomendaciones a empresas de Telecomunicaciones

Cumplir con los estándares de cumplimiento de los niveles de REM permitidos por la OMS y por el gobierno federal (cuando existan), para servicios de Telecomunicación.

Generar anuncios a sus clientes para evitar riesgos de REM.

Capacitar a su personal respecto a la REM.

4.7 Recomendaciones a fabricantes de equipo que usa alta tensión

Cumplir con los estándares de cumplimiento de los niveles de REM permitidos por la OMS y por el gobierno federal (cuando existan), para equipos industriales.

Generar anuncios a sus clientes para evitar riesgos de REM.

Capacitar a su personal respecto a la REM.

4.8 Recomendaciones a fabricantes de dispositivos electrónicos

Cumplir con los estándares de cumplimiento de los niveles de REM permitidos por la OMS y por el gobierno federal (cuando existan), para dispositivos electrónicos.

Generar anuncios a sus usuarios para evitar riesgos de REM.

Capacitar a su personal respecto a la REM.

Anteponer la ética a su ambición económica.

4.9 Recomendaciones a la ciudadanía

Conocer las posibles fuentes de REM

Conocer los riesgos

Revisar que su vivienda no este expuesta a REM

Capacitar a familiares y amigos respecto a la REM y sus riesgos

Tomar acciones preventivas

En el caso de empresarios, generar una cultura de prevención de enfermedades crónicas degenerativas por la REM

Disminuir el consumo de tecnología indiscriminada

Las anteriores recomendaciones aquí expresadas pretenden concientizar acerca de la importancia que tiene el cuidarnos para prevenir y así minimizar los riesgos que nos enfrentamos.

Bibliografía PARTE I

1.- Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J. (2000). A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. Br J Cancer (83), 692-698.

2.- Ager E.A, Schuman L.M, Wallace H.M, Rosenfield A.B, Gullen W.H. (1965).An epidemiological study of childhood leukemia. J Chronic Dis (18), 113-132.

3.- Angelillo IF, et al Residential exposure to electromagnetic fields and childhood leukaemia: a meta-analysis. Bull World Health Organization 1999; 77: 906-915.

4.- ANSI/IEEE C95.1 (1992), Inc. Section 4.2 of "IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz", IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers

5.- Bellamy C. Child Health. In: Detels R, et al, eds. Oxford Textbook of Public Health. 4th edition. Oxford: Oxford University Press, 2004: 1603-1622.

6.- Brain JD, et al. Childhood leukemia: electric and magnetic fields as possible risk factor. Environ Health Perspec 2005; 111: 962-970.

7.- Buffler PA, et al. Environmental and genetics risks factors for childhood leukemia: appraising the evidence. Cancer Investigation 2005; 1: 60-75.

8.- Calvente I, Fernandez M.F, Villalba J, Olea N, Nuñez M.I. (2010). Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: A systematic review. Sci Total Environ (408), 3062-3069.

9.- Cabañas-Cortés E, (2017), La exposición a las radiaciones electromagnéticas de origen electromagnético: un problema de salud pública mundial, MedLab 9 (1), 11-24. ISSN 2395-9967

10.-Carpenter Do, et al. Biological effects of electric and magnetic fields. New York: Academic Press Inc, 1994.

11.- Deadman SE, et al. Individual estimation of exposure to extremely low frequency magnetic fields in jobs commonly held for women. Am J Epidemiol 2002; 155: 368-378.

12.- Detels R. Epidemiology: the foundation of public health. In: Oxford Textbook of Public Health. 4th edition. Oxford: Oxford University Press, 2004: 485-491.

13.- Draper G, Vincent T, Kroll M.E, Swanson J. (2005). Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. Br Med J (330), 1290-1294.

14.- DOF 14-07-2014. (2014). Decreto de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano. Gobierno de México. Decreto. Ciudad de México, México, 83pp

15.- DOF 04-06-2012. (2014). Índice poder ejecutivo. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Indice. Ciudad de México, México, 921

16.- Egger M, et al. Systematic reviews and meta-analysis. In: Oxford Textbook of Public Health. 4th edition. Oxford: Oxford University Press, 2004: 655-675.

17.- Etzel RA, et al. Pediatric Environmental Health. 2nd edition. American Academy of Pediatrics.. Elk Grow Village: AAP, 2003.

18.- FCC OET Bulletin. (1997). Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, (65)

19.-Ferris i Tortajada J, y cols. Salud medioambiental pediátrica: un nuevo reto profesional. Rev Esp Pediatr 2002; 58: 304-314.

20.- Ferris i Tortajada J, Garcia i Castell J, López Andreu JA. Radiaciones electromagnéticas y cáncer. Conceptos básicos. Rev Esp Pediatr 1998; 54: 37-46.

21.- Feychting M, et al. EMF and Health. Annu Rev Public Health 2005; 26: 165-189.

22.- Ferris i Tortajada J, y cols. Medio ambiente y cáncer pediátrico. An Pediatr (Barc) 2004; 61: 42-50.

23.- Ferris i Tortajada J, y cols. La etiologia del cáncer infanto-juvenil. En: Sierrasesúmada L, y cols, eds. 2ª edición. Madrid: Pearson Educación S. A., 2006: 17-45.

24.- Ferris i Tortajada J, Garcia i Castell J, y cols. Factores de riesgo para las leucemias agudas infantiles. An Esp Pediatr 1999; 50: 439-446.

25.- Ferris i Tortajada J, Garcia i Castell J, y cols. Factores de riesgo para los tumores del sistema nervioso central en la infancia. Rev Esp Pediatr 1999; 55: 203-214.

26.- Feychting M. Non-cancer EMF effects related to children. Bioelectromagnetics 2005(Suppl 7): 69-74.

27.- Foliart DE, et al. Magnetic field exposure and long-term survival among children with leukemia. British J Cancer 2006; 94:161-164.

28.- Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. (2000). A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood leukemia – EMF study group. Epidemiology, (11), 624-634.

29.- Habash RWY, et al. Health risks of electromagnetic fields. Part I: Evaluation and assessment of electric and magnetic fields. Crit Rev Biomed Engin 2003; 31: 141-195.

30.- Henshaw DL, et al. Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7):86-97.

31.- IARC. (2002). Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (Elf) electric and magnetic fields. IARC MonogrEvalCarcinog Risks Hum. (80), 1-395. PMID 1: 12071196

32.- IARC. (2011). Comunicado de prensa no. 208. IARC CLASSIFIES RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AS
POSSIBLY CARCINOGENIC TO HUMANS
http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf
http://www.peccem.org/DocumentacionDescarga/Legislacion/IARC.WHO_31.05.11_cast.pdf 20/11/2018

33.- IARC. (2011). Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. (102)

34.- ICNIRP.(2010). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz). Health Physics; (99) 818-836.

35.- ICNIRP.(2001). Review of the epidemiologic literature on EMF and health.

36.- ICNIRP. Review of the epidemiologic literature on EMF and health. Environ Health Perspect 2001; 109(Suppl 9): 911- 933.

37.- ICNIRP. (2009). On the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (Up To 300 Ghz)". Health Physics, 97, 257- 258

38.- Infante-Rivard C, et al. Maternal occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields during pregnancy and childhood leukemia. Epidemiology 2003; 14: 437-441.

39.- International Agency for Research on Cancer. Non-Ionizing Radiation. Part I: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Lyon: IARC, Vol 80, 2002.

40.- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). General approach to protection against non-ionizing radiation. Health Phys 2002; 82: 540-548.

41.- Kabuto M, et al. Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: A case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. Int J Cancer. 2006 Feb 22; [Epub ahead of print].

42. Kaku. (2010) Física de lo imposible. ¿Podemos ser invisibles, viajar en el tiempo y teletransportarnos? Penguin Random Hosue Grupo Editorial. España.

43.- Kavet R. Contact current hypothesis: summary of results to date. Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7): 75-85.
44.- Kheifets LI, Childhood brain tumors and residential electromagnetic fields (EMF). Rev Environ Contam Toxicol 1999;159:111-29
45.- Kheifets L, et al. Childhood leukemia and EMF: Review of the epidemiologic evidence. Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7): 51-59.
46.- Kheitfets L, et al. The sensitivity of children to electromagnetic fields. Pediatrics 2005; 116: 303-313.
47.- Koifman S. (1993). Electromagnetic fields: a cancer promoter? Med Hipotheses (41) 23-27.
48.- Kundi M. (2012). Evidence for childhood cancers (Leukemia). In: Sage C, Carpenter DO, editors. The BioInitiative Report A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF), http://www.bioinitiative.org/.
49.- Lee GM, et al. A nested case-control study of residential and personal magnetic fields mesures and miscarriages. Epidemiology 2002; 13: 21-31.
50.- Li DK, et al. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. Epidemiology 2002; 13. 9-20.
51.- Lindbohm ML, et al. Magnetic fields of video display terminals and spontaneous abortion. Am J Epidemiol 1992; 136: 1041-1051.
52.- LFTyR. (2014). LEY FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES Y RADIODIFUSIÓN, TEXTO VIGENTE fracción V del articulo 118, Secretaria de Gobernación, Ley, Ciudad de México, México.
53.- LGEEPA. (2017). Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental capítulo II artículo 5to. Fracción XV, ÚLTIMA REFORMA, http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_240117.pdf
54.- Lippman M, et al. Environmental Health Science. Recognition, Evaluation and Control of Chemicals and Physical Health Hazards. Oxford: Oxford University Press, 2003.
55.- Martuzzi M, et al, eds. The Precautionary principle: Protection Public Health, the Environment and the Future of Our Children's. Copenhagen, Denmark: WHO-Europe, 2004.
56.- McNally R.J, Parker L. (2006). Environmental factors and childhood acute leukemias and lymphomas.Leuk Lymphoma (47), 583-598.
57.- Mc Kinney PA. Central nervous system tumors in children: Epidemiology and risk factors. Bioelectromagnetics 2005(Suppl 7): 60-68.
58.- Milham S, Ossiander E.M. (2001). Historical evidence that residential electrification caused the emergence of the childhood leukemia peak. MedHypotheses (56) 290-295.
59.- National Institute of Environmantal Health Sciences Working Group. Publ N° 98-3981. U.S. National Institutes of Health. Research Triangle Park: INH, 1998.
60.- National Radiologic Protection Board. ELF Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer: Report of an Advisory Group on Non-Ionizing Radiation. London, (U.K.): NRPB, 2001.
61.- NOM-STPS-013. (1993) relativa a la Exposición Humana Ocupacional a Campos Electromagnéticos No Ionizantes. Secretaria del trabajo y previsión social, 06/12/1993
62.- NOM-126-SCT1-SSA1-2012. (2012). ANTEPROYECTO de Norma Oficial Mexicana, Telecomunicaciones- Radiocomunicaciones- Medidas de operación para el cumplimiento de los límites de exposición máxima para seres humanos a radiaciones electromagnéticas de radiofrecuencia no ionizantes en el intervalo de 100 kHz a 300 GHz en el entorno de emisores de radiocomunicaciones. Gobierno de Jalisco, 25/08/2017
63.- Preece AW, et al. Power frequency electromagnetic fields and health. Where's the evidence?. Phys Med Biol 2000; 45:139-54.
64.- Preston RJ. Children as a sensitive subpopulation for the risk assessment process. Toxicol Appl Pharmacol 2004; 199: 132-141.
65.- Rothman KJ, et al. Causation and causal inference. In: Oxford Textbook of Public Health.

4th edition. Oxford: Oxford University Press, 2004: 641-653.

66.- Rubin GJ, et al. Electromagnetic hypersensibility: A systematic review of provocation studies. Psychosomatic Med 2005; 67: 224-232.

67.- Santini MT, et al. Extremely low frequency (ELF) magnetic fields and apoptosis: a review. Int J Radiat Biol 2005; 81: 1-11.

68.- Satterthwalte D, et al. The Environment for Children. UNICEF. London: Earthscan Publ Ltd, 1996.

69.- SEMARNAT. (2017). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 01/12/2017 http://www.gob.mx/semarnat

70.- SCT. (2017). Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ¿Qué es México conectado? Lineamientos. 01/12/2017
http://mexicoconectado.gob.mx/sobre_mexico_conectado.php?id=212

71.- Schnort TM, et al. Video display terminals and the risk of spontaneous abortion. N Engl J Med 1991; 324: 727-733.

72.- Schuz J, et al. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukemia: results from a German population-based case-control study. Int J Cancer 2001; 91:728-735.

73.- Soto J.L. Tlaculio J.A. Garibaldi R. Romo R. Arriaga J. (2016).Childhood Acute Leukemia and ther association with the high voltaje network in Guadalajara Mexico. Conference Paper Published Aug 2016 in 2016 Progress in Electromagnetic Research Symposium (PIERS). https://doi.org/10.1109/piers.2016.7735825

74.- Soto J.L. Olivera F.J. Tlaculio J. A. Garibaldi R. Romo H. Abundis E. (2017). Geographical Information System for Patients, Neoplasms and Associated.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-62407-5_20

75.- SwissOrdNIR. (1999) Ordenanza sobre Protección de la Radiación No Ionizante. 23/12/1999
http://www.electric-fields.com/SwissOrdNIR.pdf

76.- Tamborlini G, et al, eds. Children's Health and Environment: A Review of Evidence. World Health Organization Europe and European Environment Agency. Copenhagen, Denmark: WHO-Europe, 2002.

77.- The ELF Working Group. Canada. Health effects and exposure guidelines related to extremely low frequency electric and magnetic fields – An overview. Canada, 2005.

78.- Tickner JA, et al. Children's environmental health: A case study in implementing the precautionary principle. Int J Occup Environ Health 2000; 6: 281-288.

79.- Touitou Y. Evaluation des effets des champs électromagnétiques sur la santé chez l'homme. Ann Pharm Fr 2004; 62: 219-232.

80.-Trosko JE. Ignored Hallmarks of Carcinogenesis: Stem Cells and Cell–Cell Communication. Ann NY Acad Sci 2004; 1028:1–10.

81.- Trosko JE. Human health consequences of environmentally-modulated gene expression: potential roles of ELF-EMF induced epigenetic versus mutagenic mechanisms of disease. Bioelectromagnetics 2000; 21:402-406.

82.- United Nations Report. Children in the New Millenium: Environmental Impact on Health. Geneve: UN Publications, 2002.

83.- UNICEF and United Nations Report. The 2006 State of the World's Children. Excluded and Invisible. New York: UNICEF-UN Publications, 2006.

84.- U.S. Environmental Protection Agency. Supplemental Guidance for Assessing Cancer Susceptibility from Early-Life Exposure to carcinogens. EPA/630/R-03/003. Washington, DC, 2003.

85.- Vecchia P. The approach of ICNIRP to protection of children. Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7): 157-160.

86.- Yassi A, et al. Basic Environmental Health. Oxford: Oxford Universit Press, 2001.

87.- Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configuration and childhood cancer. Am J Epidemiol 1979; 109: 273-284.

88.- Wigle DT. Child Health and Environment. Oxford: Oxford University Press, 2003.

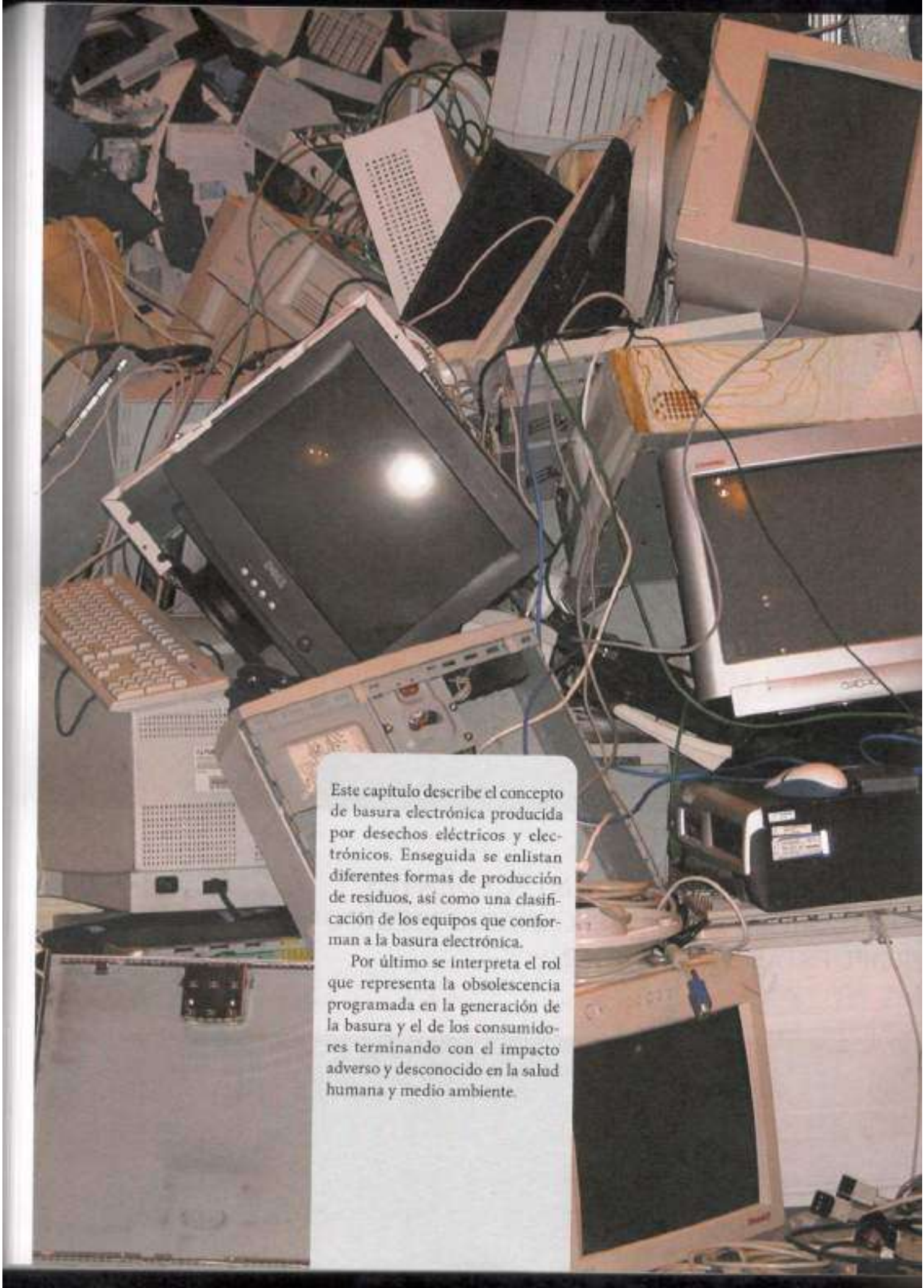
89.- World Health Organization. Environmental Health Indicators: Framework and Me-

thodologies. Geneve: Document WHO/SDE/OEH/99.10; 1999.
90.- World Health Organization Europe. The European Health Report 2005: Public Health Action for Healthier Children and Populations. Copenhagen, Denmark: WHO-Europe, 2005.

ABREVIATURAS

REM: radiaciones electromagnéticas
REM-FEB: radiaciones electromagnéticas de extremada baja frecuencia
OMS: Organización Mundial de la Salud
UE: Unión Europea
LA: leucemia aguda
MA: medio ambiente, medioambiental
ONU: Organización de Naciones Unidas
UNICEF: Fundación para la Infancia de las Naciones Unidas
f: frecuencia
λ: longitud de onda
μT: microtesla
LEAV: líneas eléctricas de alto voltaje
CP: cáncer pediátrico
FR: factores de riesgo
IARC: Agencia Internacional de Investigación del Cáncer
RR: riesgo relativo
OR: odds ratio
IC: intervalo de confianza
Cols: colaboradores
SNC: sistema nervioso central

PARTE II
BASURA ELECTRÓNICA, ANTECEDENTES ESCENARIO MUNDIAL, ESCENARIO MÉXICO Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN



Este capítulo describe el concepto de basura electrónica producida por desechos eléctricos y electrónicos. Enseguida se enlistan diferentes formas de producción de residuos, así como una clasificación de los equipos que conforman a la basura electrónica.

Por último se interpreta el rol que representa la obsolescencia programada en la generación de la basura y el de los consumidores terminando con el impacto adverso y desconocido en la salud humana y medio ambiente.

CAPÍTULO V
Antecedentes de la basura electrónica

5.1 Introducción

El inventario reciente de la creatividad humana con respecto a las invenciones tecnológicas eléctricas y electrónicas, ha desestimado el efecto colateral que aparece al final de la vida útil de las mismas, partiendo de la idea en que se concibe a la "basura" como residuos desechados y otros desperdicios.

Es muy común en estos años observar como la sociedad a nivel global se ha llenado de equipos por las necesidades de trabajo, diversión, educación e información, sin reflexionar que esos equipos al final de su vida útil pueden volverse en contaminantes peligrosos si no se cuenta con una conciencia ecológica integral que permita reciclar al máximo y cuidar el ambiente para mantener un equilibrio en el planeta.

Este libro propone tomar desde cero, la oportunidad de generar una cultura de cuidado por el planeta, comenzando por informar y ahondar en el tema de la basura electrónica sus escenarios y propuestas como alternativas de solución en México.

Cabe mencionar que el medio ambiente en general es atacado cada año por un sin fin de factores, entre los principales generados por el ser humano, se enlistan los siguientes:

1. Producción de pesticidas y productos químicos
2. Deforestación
3. Desechos industriales y domésticos
4. Combustibles fósiles
5. Producción masiva de desechos eléctricos y electrónicos

Siendo este último factor, el tema central de la primera parte del libro y que es el resultado y deseo de divulgar la experiencia y sensibilidad de los autores por aportar a los académicos, alumnos y público en general un cambio en su conocimiento y percepción sobre lo que se denomina basura electrónica, también llamada "e-waste".

5.2 Antecedentes

El desarrollo tecnológico de estas últimas décadas ha sido un detonante de la era de la virtualidad en el mundo, puesto que ha permitido que las organizaciones y las personas lleven a cabo sus actividades de una manera fácil, rápida y de mayor calidad, sin embargo, esto ha generado una gran problemática para el medio ambiente debido a la generación de basura electrónica (e-waste), como se muestra en la figura 5.1.

Fig. 5.1 Desechos de equipos eléctricos y electrónicos Fuente: Baldé et al. (2017).

El e-waste se compone de una gran variedad de elementos como lo son materiales plásticos y metálicos integrados en un solo elemento; se pueden encontrar hasta 60 diferentes elementos químicos y algunos de ellos son técnicamente recuperables, mientras que otros son casi imposibles de extraer.

Algunos de los metales que se pueden encontrar en los RAEE son:

- **Aluminio:** electrodomésticos, eléctricos, equipo de cómputo, dispositivos móviles, pantallas entre otros
- **Oro:** circuitos electrónicos y procesadores (componentes de alta integración)
- **Plata:** circuitos electrónicos y baterías
- **Cobre:** cables, electrodomésticos y eléctricos
- **Níquel:** circuitos electrónicos y baterías
- **Cadmio:** baterías y otros que generan reacciones químicas
- **Platino:** componentes electrodomésticos y eléctricos
- **Paladio:** componentes automotrices y electrónicos

Algunos de ellos se pueden reutilizar solamente a través de procesos industriales. No obstante, existen otros compuestos químicos que por su naturaleza y exposición descuidada puede desencadenar daño en la salud de seres vivos, así como al medio ambiente, entre otros se encuentran los plásticos y los PBDEs que pueden causar problemas de salud. Además de los riesgos que presentan estos desechos para el medio ambiente que por su composición puede causar daño.

Los microcircuitos de las tarjetas, los tubos de rayos catódicos, las baterías, los plásticos PBDES entre otros, representan un peligro, tanto para los organismos y ecosistemas, como para la salud humana por contener metales pesados y otras sustancias tóxicas. El e-waste en tiraderos clandestinos contribuye a la producción de lixiviados, que son líquidos resultantes de un proceso de descomposición orgánica y que se mezclan con otras sustancias como los metales pesados de los equipos electrónicos. Al ser absorbidos por el suelo a través de los años podría contaminar los mantos acuíferos de forma irreversible, se dice que una batería AAA puede contaminar una alberca olímpica.

Otro problema importante para destacar es el "dumping", que consiste en una práctica utilizada por los países desarrollados y que consiste en exportar la basura electrónica a países del tercer mundo, bajo la excusa de que en ellos se realizan

NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.: https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6633/1/nom-161-semarnat-2011.pdf

Según la ONU el e-waste significa desecho, basura o chatarra electrónica. También se le puede designar según las siglas RAEE, correspondientes a la denominación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. E-waste, como tal, es una abreviatura del inglés para la expresión electronic waste, que traduce en español "desecho electrónico".
En este sentido, e-waste hace referencia a todos los aparatos o dispositivos electrónicos cuyo deterioro, desuso u obsolescencia determinan el fin de su vida útil, pues ya no son capaces de cumplir con la tarea para la cual fueron creados.

Fig. 5.2 Rutas que siguen los países de primer mundo que envían sus desechos a países tercermundistas

procesos de separación y reciclaje, pero en realidad es una estrategia para evitar la responsabilidad del manejo correcto de los residuos en sus países. Estas tácticas son posibles cuando los países no poseen un marco legal que evita la importación de la basura electrónica, ni las instituciones que ejecuten este marco regulatorio. Este es el caso de México que sólo cuenta con la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 la cual hace recomendaciones para regular el manejo de la basura electrónica (DOF, 2013).

La figura 5.2 muestra las rutas que siguen los países de primer mundo y que envían sus desechos a países tercermundistas o mejor conocidos en desarrollo y que lo justifican diciendo que son equipos que se encuentran al final de su vida útil y que en poco tiempo se convertirán en e-waste.

La agenda mundial en el año 2030 "Hacia un mundo sustentable" (ITU, 2019), contempla como reto el desarrollo sustentable con el mínimo de riesgos para el medio ambiente y la salud humana. Ya que Actualmente el tratamiento del e-waste ha ocasionado un problema serio, debido a que se están quemando los desechos a cielo abierto o

Los Éteres de Difenilo PoliBromados (PBDEs) son sustancias químicas conocidas como retardadores de llama, que se añaden a los plásticos utilizados en diversos productos para prevenir la propagación del fuego (de Wit 2002).

Actualmente existen en el mercado más de 175 tipos diferentes de retardantes de llama. Estos se dividen en varias clases de compuestos, incluidos los halogenados orgánicos (bromados y clorados), compuestos de fósforo, nitrógeno y algunos inorgánicos. Los retardadores de llama se han agregado a productos de consumo como electrónicos, alfombras y tapizados utilizados en hogares, vehículos, aviones, entre otros, desde la década de 1970 (Mcdonald 2002).

NORMA Oficial Mexicana NOM 161 SEMARNAT 2011, publicado en el DOF: 01/02/2013. La cual establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

DOF: 14/03/2019. PROYECTO de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2011, Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

se disponen en espacios abiertos y estos procesos implican grandes riesgos en general.

Lo anterior como resultado de varias tendencias como ejemplo el crecimiento global de la sociedad de la información y un número creciente de nuevos usuarios. La propuesta de la nueva tecnología 5G detonará el acceso a grandes velocidades y un aumento considerable de ancho de banda, así como la masificación de innumerables servicios inteligentes.

5.3 Clasificación de la basura electrónica

La basura electrónica en sus diferentes formas se clasifica en seis categorías para su manejo y control:

- **Categoría 1:** Equipo de intercambio de temperatura; más comúnmente conocido como equipo de enfriamiento y congelación. Este tipo de equipo incluye refrigeradores, congeladores, acondicionadores de aire, bombas de calor.
- **Categoría 2:** Pantallas - monitores. Este tipo de equipo incluye televisores, monitores, computadoras portátiles y tabletas.
- **Categoría 3:** Lámparas. Incluye lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas LED.
- **Categoría 4:** Equipo grande. Este equipo incluye lavadoras, secadoras de ropa, lavadoras de platos, estufas eléctricas, grandes máquinas de impresión, copiadoras y paneles fotovoltaicos.
- **Categoría 5:** Equipo pequeño. El equipo típico incluye aspiradoras, microondas, equipo de ventilación, tostadoras, hervidores eléctricos, afeitadoras eléctricas, balanzas, calculadoras, aparatos de radio, cámaras de video, juguetes eléctricos y electrónicos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños dispositivos médicos, pequeños instrumentos de control y monitoreo.
- **Categoría 6:** Pequeños equipos informáticos y de telecomunicaciones. El equipo típico incluye teléfonos móviles, sistemas de posicionamiento global (GPS), calculadoras de bolsillo, enrutadores, computadoras personales, impresoras, teléfonos.

La iniciativa StEP "Solving the E-waste Problem" busca resolver el problema de los desechos electrónicos, la cual surgió en 2004 como una plataforma independiente de múltiples partes interesadas para diseñar estrategias que aborden todas las dimensiones de la electrónica en un mundo cada vez más digitalizado. StEP aplica un enfoque integrado basado en la ciencia para crear soluciones destacadas a los desafíos globales de desechos electrónicos a lo largo de todo el ciclo de vida de la electrónica. A este respecto, la StEP aborda especialmente los Objetivos de Desarrollo Sostenible 12 de la ONU, "Producción y consumo responsables". https://www.step-initiative.org/organisation-rev.html

Fig. 5.3 Basureros con procesos no definidos para el tratamiento y recolección de basura electrónica

Cada uno de los equipos que integran a las categorías tiene un perfil de vida diferente, lo que significa que las categorías tienen diferentes cantidades de desechos, representan diferentes valores económicos, así como diferentes impactos ambientales y para la salud.

Por consecuencia los procesos de recolección y logística de la tecnología difieren para cada categoría, al igual que las actitudes de los consumidores a la hora de desechar los equipos eléctricos y electrónicos, ya que depende de la socialización de políticas inexistentes, así como lugares o puntos de concentración o recolección específica para su desecho, de la conciencia en vías de desarrollo y del conocimiento poco común hasta el momento sobre el impacto que estos en forma de desecho pueden tener.

El aumento de los niveles del e-waste y el tratamiento inadecuado e inseguro mediante la eliminación, incineración en basureros plantean desafíos importantes para el medio ambiente y la salud humana, como se muestra en la figura 5.3. Los desechos electrónicos, cuando se tratan de manera inadecuada, presentan serios problemas de salud como ya se ha comentado, pues contienen componentes peligrosos, que incluyen la contaminación del aire, el agua y el suelo y ponen en riesgo la salud de las personas. Los procesos de desmantelamiento no utilizan las herramientas, las instalaciones adecuadas y/o personas capacitadas lo que representan amenazas adicionales para las personas y el planeta.

5.4 ¿Por qué es importante tratar el tema de la basura electrónica?

La tecnología se ha convertido en una constante en el día a día. Consultar el teléfono móvil es lo primero que hacen millones de personas al levantarse, buena parte de los trabajadores del conocimiento desarrollan sus actividades laborales frente a una computadora, con relación al entretenimiento, las películas y series se pueden visualizar en una tableta mientras se está descansando y la actividad

física puede mejorar mediante relojes inteligentes y pulseras cuantificadoras. Por esta razón se puede concluir que gran parte de nuestra vida gira en torno a los dispositivos electrónicos.

No obstante que la tecnología tiene grandes ventajas y virtudes, también tiene inconvenientes. Una de ellas es que muchos de los componentes de los dispositivos electrónicos son perjudiciales para el medio ambiente, por lo que resulta muy importante reciclar adecuadamente los productos tecnológicos para no contaminar el entorno. La mayoría de las personas desconocen la importancia de eliminar con seguridad estos residuos y como consecuencia es un serio problema a nivel mundial.

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (que combinan metales y plásticos en sus circuitos) deben desecharse en un punto de recolección cercano al lugar de residencia de los usuarios y llevarlo para que lo reciclen de forma adecuada, a fin de evitar que contaminen.

La sociedad de la información a nivel mundial (redes sociales y comunidades digitales – industria 4.0-) está creciendo a gran velocidad, existen más redes con mayor velocidad que utilizan nuevas aplicaciones e infraestructura de telecomunicaciones. Estos nuevos servicios han brindado nuevas oportunidades a muchas personas, particularmente en las áreas de salud, educación, gobierno, entretenimiento y comercio.

Al mismo tiempo se cuenta con niveles más altos de ingresos (poder adquisitivo), urbanización e industrialización en muchos países en desarrollo; lo que está dando lugar a la producción y uso de grandes cantidades de equipos eléctricos y electrónicos que en consecuencia se convertirán en algunos años en desechos. Las redes, servicios de telefonía móvil, celular y de banda ancha, (por ejemplo, la red 5G) se han expandido rápidamente y permiten que más personas, especialmente en áreas rurales y antes desconectadas, tengan acceso a Internet, como se muestra en la figura 5.4.

Fig. 5.4 Protesta por la implementación de la red 5G

Además del rápido crecimiento de la generación de desechos electrónicos en los últimos años, un problema notable que también se generará a futuro, si los desechos electrónicos se continúan desechando de manera incorrecta, será la falta de tecnología de recuperación de la información adecuada, así como la liberación de material tóxico y peligroso. No existen suficientes sistemas de gestión de desechos electrónicos en la mayor parte del mundo, ya sea por la falta de información disponible, la prevalencia de infraestructuras inapropiadas y regulaciones ineficientes, o una combinación de ambas.

Las regulaciones a nivel internacional pueden influir en las buenas prácticas de gestión de desechos electrónicos en un país, pero es posible que no abarquen todo el trabajo por sí mismas, por lo que se requiere del desarrollo de conciencia con respecto al bien común y un seguimiento estudiado del manejo de la basura electrónica y de sus componentes que pueden contaminar.

Una gran parte de los desechos electrónicos generados, aún se depositan en espacios con desechos domésticos o se recicla en plantas informales (recolectores que no cumplen con los estándares, normas y leyes). La falta de un reciclaje apropiado de residuos electrónicos disminuye los recursos valiosos y en algunos casos, no renovables. También como ya es de su conocimiento estos residuos generan riesgos ambientales y para la salud humana.

Otro ejemplo, el relleno sanitario de desechos electrónicos libera lixiviados contaminados al agua subterránea. El derretir chips de computadora con ácido, genera líquidos que al tirarse en cuerpos de agua lo acidifica y contamina. La incineración de desechos electrónicos contribuye a la contaminación del aire al liberar humos tóxicos, por ejemplo, el obtener el cobre de los cables y que se observa en muchas partes del mundo como una práctica normal.

5.5 ¿Cómo se genera la basura electrónica?

El consumo de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) también ha mostrado un rápido crecimiento en las últimas décadas. Lo cual indica que las economías emergentes con una paridad de poder adquisitivo (PPA) han aumentado el consumo de tecnología. Así también los productos que tuvieron un mayor crecimiento de consumo fueron: los frigoríficos, lavadoras, hornos eléctricos, calefactores eléctricos centralizados y televisores de pantalla plana (la dimensión y el peso de estos desechos generan mayores problemas en el espacio contaminado).

Durante el mismo periodo de tiempo, algunas tecnologías se volvieron obsoletas. Entre las que tuvieron una mayor caída en las ventas se encuentran el audio portátil, el video portátil, los voluminosos monitores de tubo de rayos catódicos (CRT) y los televisores CRT. Esto se debe a que la tecnología es antigua y ha sido reemplazada por tecnología nueva de plasma o led; este es el caso de la sustitución de los monitores CRT por pantallas planas. En algunos casos, por ser un solo dispositivo con una sola funcionalidad, ello ha ocasionado que sean reemplazados por dispositivos con múltiples funciones, como un teléfono móvil, una Smart TV o una computadora portátil.

Actualmente el factor clave para el éxito y difusión de los AEE es internet, donde se incluye un alto grado de competencia en el mercado de las telecomunicaciones. La disminución de los precios de los servicios celulares móviles prepagados los ha hecho relativamente accesibles en la mayoría de los países; algunos teléfonos inteligentes están a la venta por menos de USD 200 (India y China) y están prometiendo precios aún más bajos. Esto significa que más personas podrán permitirse comprar nuevos equipos y que eventualmente se descartarán algunos otros (la población de la India y China equivalen más que toda la población mundial restante).

Otras tendencias que están impulsando la generación de desechos electrónicos son el aumento de la propiedad de múltiples dispositivos, la tendencia a electrificar equipos no eléctricos, el crecimiento de los servicios de computación en la nube, así como un número creciente de centros de datos con ciclos de reemplazo más cortos. En varios países,

las personas poseen más de un teléfono, otros dispositivos como computadoras portátiles y lectores electrónicos.

No obstante que las tendencias del cómputo en la nube pueden llevar al uso de menos dispositivos debido a que se puede acceder a todos los servicios desde un dispositivo, a mayores equipos dedicados en la nube también significa más centros de datos y más desechos electrónicos. La cantidad de tráfico, en particular de los servicios en la nube, y el número de centros de datos está aumentando y seguirá creciendo en los próximos años, según el Índice Global de Nube de Cisco, la cual se muestra en la figura 5.5.

Crecimiento y proyección del tráfico de datos en la nube

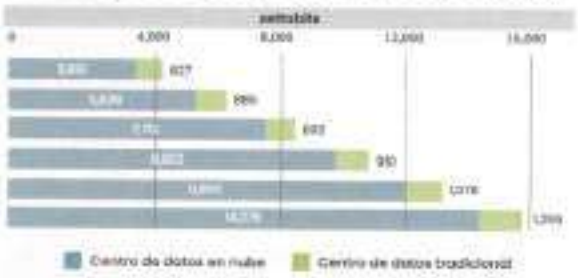


Fig. 5.5 Crecimiento y proyección del tráfico de datos en la nube. Fuente: Cisco, 2016.

5.6 Obsolescencia programada

La obsolescencia programada es la vida útil que le da un fabricante o empresa a un producto, cuando pasa este periodo de vida útil del producto se vuelve obsoleto e inútil. Esto se creó para que el consumidor se vea obligado a adquirir un producto nuevo igual o similar. La obsolescencia programada asegura una gran demanda, por lo tanto, las empresas tienen más beneficios y una continua oferta. Esto influye de gran manera en el desarrollo de la economía, principalmente en aquellos países que han fundamentado su economía en el consumismo. Existen tres tipos de obsolescencia:

Obsolescencia de función; este tipo de obsolescencia se da cuando sale a la venta un producto más avanzado, es decir con nuevas funciones.

Obsolescencia de calidad; en este tipo de obsolescencia el producto después de tener cierto tiempo de uso empieza a presentar fallas y un mal funcionamiento.

Obsolescencia de deseo; ocurre cuando sale a la venta un producto más avanzado y las personas cambian el que ya tienen, solo por cuestiones de estilo o moda

La obsolescencia programada afecta de varias maneras a los consumidores, en lo económico y en lo psicológico; se entra en un ciclo del comprar, usar, tirar, comprar, usar, tirar hasta desear productos que no se necesitan. Este sistema aunado al aumento de residuos que se generan al darse este fenómeno una y otra vez.

5.6.1 ¿Cuándo surgió la obsolescencia programada?

El consumo de la sociedad y la obsolescencia programa son la base del sistema social y económico actual. Sin embargo, este sistema no es nuevo y comenzó a desarrollarse en la década de 1920, en todo el mundo, pero principalmente en los EUA. Hoy en día son pocos los productos que no están programados para caducar en poco tiempo. Un ejemplo más de ello son los focos que se queman cada cierto tiempo y obligan a cambiarlos, las impresoras que dejan de funcionar, los cartuchos de tinta que usan las impresoras, los videojuegos, los coches, las baterías y casi todos los equipos electrónicos.

Los primeros focos que se vendieron tenían una vida útil de unas 1500 horas, treinta años después se empezaron a vender focos que llegaban a tener una vida útil de hasta 2500 horas. Poco después se dieron cuenta que con focos que duraran tanto, las ventas iban bajando, por esto se empezaron a vender aquellos que tuvieran una vida útil de unas 1000 horas, es decir más corta. Todos estos pro-

ductos tienen un tiempo de vida útil determinado por el fabricante, se sabe que los cartuchos de tinta, luego de imprimir una cierta cantidad de hojas se acaban y se deben de cambiar.

Se dice que los coches fabricados en las décadas de los 50's o 60's pueden llegar a tener hasta el doble de vida útil de la que tienen los coches actuales, la duración de estos coches no pasa de tres décadas. Un claro ejemplo de la obsolescencia programada se puede encontrar en algunas piezas de los coches como los frenos, que después de un tiempo empiezan a perder su capacidad para detener un carro. Algunas alternativas para evitar la obsolescencia programada son:

El diseño sostenible. Los diseñadores deberían pensar no solo en usar materiales ecológicos, o en el proceso de eliminación de estos productos, sino también trabajar el significado del uso de estos productos y crear corresponsabilidad social, por tanto, mayor más conciencia.

Diseño social; es cuando las personas crean productos alternativos con materiales biodegradables, es decir crean soluciones positivas para el medio ambiente.

La idea de la obsolescencia programada es comprar nuevos productos, pero antes de ir a comprar uno nuevo se puede probar otras cosas, como reparar el producto, cambiar las piezas que sea necesario. Si protegemos los aparatos electrónicos con algunas fundas protectoras se pueden evitar ciertos daños y esto puede alargar la vida de los aparatos. Este sistema está afectando al mundo más de lo que la mayoría piensa. Existen maneras de tener un desarrollo sostenible que ayude a reducir los daños que hemos causado al mundo, para esto es necesario aprender a vivir mejor con menos; es importante recordar que el comprar productos y/o servicios en exceso no hacen a la gente más feliz y mejor aún; saber que "el que sobrevive más y mejor, es el que menos necesita".

5.7 Los consumidores indefensos.

Frente a esta situación, los consumidores somos sujetos pasivos, estamos básicamente en manos del productor de la lavadora, el frigorífico o el móvil. Una propuesta a considerar es iniciarse en un movimiento que lleve a la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre éste u otro tema, que pueda expresarse, hacerse a través de las asociaciones de consumidores (que influirían sobre el mercado) o bien mediante recolección de firmas o escritos dirigidos a la administración pertinente, a través de los portales de transparencia y comunicación.

Otra opción de corresponsabilidad sería Con base en las tácticas empresariales de obsolescencia

Figura 5.6 Cadena de valor del sector TIC
Fuente: Guide to Measuring the Information Society (2011).

programada, las denuncias a través de nuestros representantes políticos, que podrían implementar a que se definan normas que regulen este sistema de obsolescencia y que se apliquen para propiciar la solución para resolver algunos de estos problemas de e-waste .

Como se observa en la figura 5.6 los productores y/o generadores de tecnología controlan el ciclo de vida completo de su tecnología, desde los insumos hasta las plataformas de comercialización, dejando a un lado las preferencias y necesidades de los consumidores; permitiendo la obsolescencia programada de la tecnología.

5.8 Impacto en la salud

Los procesos de gestión informal de RAEE pueden causar que diversos compuestos tóxicos al ser expuestos al medio ambiente. Algunos de estos elementos son el plomo, el mercurio, el cadmio, el cromo, los bifenilos policlorados (PCB) y los retardantes de flama bromados, los hidrocarburos aromáticos, policíclicos, persistentes y contaminantes casuales como las dioxinas y furanos, entre otros. Estos compuestos no son solo una fuente de contaminación, sino que además son un riesgo para la salud al manejarse si se manejan de forma manera inadecuada.

Los fabricantes están eliminando progresivamente muchas sustancias de riesgo como consecuencia de legislaciones (como la restricción de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, (RoHS) de la Unión Europea), o sobre la base de iniciativas voluntarias. Sin embargo, estos metales todavía pueden encontrarse en residuos procedentes de productos viejos o en menor cantidad, aún pueden ser utilizados en partes que no han encontrado ningún material sustituto o donde existan excepciones sobre las restricciones.

Fig. 5.7 Intoxicación por metales pesados

Los efectos de la exposición son directos y por lo tanto, afectan a los trabajadores que procesan el material sin la protección adecuada, o utilizan métodos inapropiados. También hay efectos indirectos como ejemplo: los contaminantes que se presentan en el agua penetran en el suelo y afectan a través de la cadena alimentaria a la población en general. Esto ocurre, sobre todo, cuando el reciclaje informal tiene lugar cerca de asentamientos urbanos. A nivel mundial, varios estudios han demostrado que adultos, mujeres embarazadas y niños están expuestos a altos niveles de los compuestos descritos anteriormente.

Los niños son especialmente vulnerables a los riesgos que puedan resultar de la exposición a residuos electrónicos y entonces, necesitan una protección más específica. Dado que los niños todavía están creciendo, el consumo de aire, agua y alimentos en proporción a su peso es significativamente mayor a la de los adultos. En consecuencia, están en mayor riesgo de absorber químicos peligrosos, como se muestra en la figura 5.7.

Se identifican varias vías de exposición que pueden ser perjudiciales para los niños, algunos de estos son la proximidad a productos químicos derivados del e-waste en su vida diaria, debido a las actividades de reciclaje inseguras que a menudo se llevan a cabo en el hogar, ya sea por los miembros de la familia o por los propios niños. Pueden estar expuestos a través de vertederos ubicados cerca de sus hogares, escuelas y áreas de juego.

En el estudio denominado "Residuos electrónicos y sus impactos en la salud" escrito por Kowsar (2010), se menciona que con estas exposiciones en el medio ambiente el impacto en la salud ha aumentado y alertan sobre alteraciones citogenéticas y de función celular y efectos adversos para la salud, incluyendo el deterioro de los sistemas inmunológico, cardiovascular, gastrointestinal, endocrinológico y complicaciones perinatales –como parto prematuro, restricción del crecimiento intrauterino, reducción de la función pulmonar neonatal y cambios neuroconductuales durante la infancia. Por otra parte, las restricciones sobre el número y el diseño de los estudios impiden estimaciones precisas de la dosis y los efectos de exposiciones específicas.

En junio de 2013, la Organización Mundial de la Salud (OMS) convocó a científicos, expertos en políticas públicas y representantes de Naciones Unidas a un taller sobre los desafíos de la exposición de niños y poblaciones vulnerables a sustancias tóxicas derivadas de la gestión inadecuada de RAEE. Los siguientes puntos planteados ahí se convirtieron en parte integral de la "Declaración de Ginebra sobre la basura electrónica y la salud infantil".

La evidencia que vincula la exposición a e-waste y efectos adversos para la salud está aumentando. Han sido reportados vínculos entre la exposición a los residuos electrónicos y una función tiroidea alterada, función pulmonar reducida, resultados negativos de nacimiento, crecimiento infantil reducido, problemas de salud mental, desarrollo cognitivo, la citotoxicidad y la genotoxicidad.

Existe evidencia indubitable de efectos de corto y largo plazo adversos para la salud a causa de la exposición a sustancias individuales contenidas en los RAEE, así como los posibles efectos sinérgicos producto de las mezcla de compuestos. Estos in-

Citotoxicidad: daño celular provocado por la acción de anticuerpos específicos y complemento o por células citotóxicas. Constituye una de las más importantes respuestas efectoras inmunitarias para la defensa contra los agentes infecciosos.
Genotoxicidad: es la capacidad para causar daño al material genético por agentes físicos, químicos o biológicos; el daño en el material genético incluye no sólo al ADN, sino también a todos aquellos componentes celulares que se encuentran relacionados con la funcionalidad y comportamiento de los cromosomas dentro de la célula.

Fuente: Diccionario clínico de la Universidad de Navarra: https://www.cun.es/diccionariomedico/terminos/citotoxicidad

cluyen efectos cancerígenos, trastornos endocrinológicos, anomalías del desarrollo neurológico, resultados negativos de nacimiento, desarrollo reproductivo anormal, deterioro intelectual, déficit de atención y cáncer. Sin embargo, se requiere más información con respecto a la toxicidad de la mezcla de productos químicos resultantes de procesos de gestión deficientes. La producción mundial de e-waste es cada vez mayor, al igual que la población expuesta a los mismos.

En muchos países, las actividades relacionadas con los RAEE, no se llevan a cabo bajo normas aceptables que protejan la salud y la seguridad de las personas expuestas. Por consiguiente, instamos a la comunidad internacional, los organismos de Naciones Unidas, los responsables de políticas nacionales, la industria y las organizaciones no gubernamentales, a desarrollar e introducir medidas cooperativas de protección que limiten los efectos adversos para la salud derivados de la exposición directa o indirecta a sustancias resultantes de prácticas inseguras de manejo de e-waste.

Además de los metales comúnmente conocidos (como aluminio, cobre, acero y los plásticos), otros metales pueden encontrarse en los teléfonos móviles, a veces en porcentajes muy pequeños. Estos se utilizan sobre todo por sus propiedades químicas y físicas, que permiten distintas funcionalidades:

La plata y el oro, se utilizan ampliamente en la industria electrónica por sus naturalezas maleables y dúctiles, su buena conductividad eléctrica y solubilidad en soldaduras a base de estaño.

El cobalto se utiliza en medios de grabación magnética y también en conexiones para la difusión del oro en sustratos. El cobalto, además se utiliza en baterías recargables.

El tungsteno se utiliza, debido a su alta densidad, como un contrapeso en el extremo del eje del motor diminuto que hace vibrar los teléfonos celulares.

El tantalio se utiliza en los condensadores, y el iridio se utiliza en LCDs.

Asegurar el acceso fiable y sin distorsiones a estas materias primas se ha convertido en un reto fundamental para garantizar la producción y el suministro de estos productos y funcionalidades. Este es el desafío particular para la producción estimada de un creciente número de dispositivos que satisfagan la demanda mundial, evitando que la competencia del precio de las materias primas afecte al precio del producto final o genere restricciones en el suministro.

Algunos de los elementos presentes en un teléfono móvil (tantalio, tungsteno y oro) también figuran como "minerales de conflicto". Varias iniciativas buscan apoyar y guiar a los productores para realizar auditorías en toda la cadena de suministro, con el fin de evitar que la demanda de estos minerales contribuya a conflictos o violaciones de derechos humanos en determinadas regiones del mundo. El reciclaje efectivo podría reducir la necesidad de la producción primaria de estos metales.

Uno de los elementos principales que aseguran el acceso a metales clave es una cadena de reciclaje efectiva que garantice la eficacia de todos los procesos, en particular los referidos a estos metales clave. Enfoques de recolección, desmontaje y pre-procesamiento pueden diferir entre distintas fuentes de e-waste (por ejemplo, tubo de rayos catódicos versus equipos informáticos o refrigeradores versus lámparas), dependiendo de la disponibilidad del material de fracción. Sin embargo, varias tecnologías de procesamiento final han sido desarrolladas con un enfoque en fracciones de materiales independientes del origen de los RAEE.

Al identificar los indicadores de desempeño ambiental en la cadena de reciclaje, es importante recordar que la eficacia de la recuperación solo puede determinarse mediante el seguimiento de los tres pasos de recolección y clasificación, pre-procesamiento y procesamiento final, como se muestra en la figura 5.8.

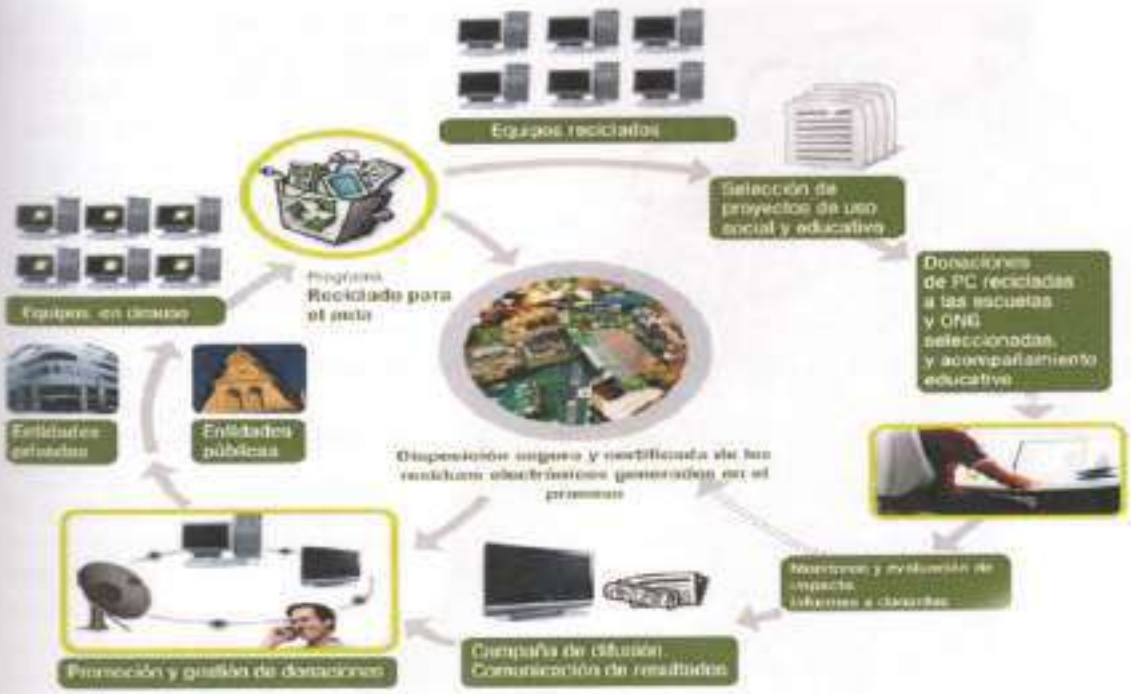


Figura 5.8 Proceso de reciclado de e-waste
Fuente: Sánchez W. La nación (2011).

Mt. Millón de toneladas métricas. L
tonelada o megagramo (Mgr) es un
unidad de medida de masa en el sis
tema métrico decimal y en el sistem
internacional de unidades, que equi
vale a 1000 kg (su símbolo es t), u
1,000,000 t se representa como 1 M
y equivale a 1,000 millones de kg d
basura electrónica.

Kg/hab. Kilogramo por habitante a
año; define la tasa promedio de ge-
neración de basura electrónica por
cada habitante al año. Se utiliza para
cuantificar los Mt de basura electróni-
ca generada por los habitantes de un
país al año.

CAPÍTULO VI
Escenario Mundial de la Basura Electrónica

La basura electrónica (e-waste) ya contamina la atmósfera, el agua y el suelo desde el momento de su exposición y reacción química con los elementos del medio ambiente, el contenido tóxico de alguno de sus componentes al combinarse con el aire, el sol o la lluvia, esto derivado de su insostenible manejo y regulación actual, por lo que se convertirá en el corto plazo, como el reto a resolver por su impacto ambiental a nivel mundial, debido al aumento creciente y sostenido de los kilos per cápita de este tipo de basura, producidos por la adquisición de nuevas tecnologías de uso masivo como los dispositivos móviles, electrodomésticos y otras nuevas tecnologías. De acuerdo con el informe mundial de e-waste publicado en el año 2016 por Baldé et al. (2017), los países del mundo generaron por año un total de 44.7 millones de toneladas métricas de basura electrónica (Mt), lo que equivale a que cada habitante del planeta generó aproximadamente 6.1 kilogramos en promedio (Kg/hab) de basura electrónica.

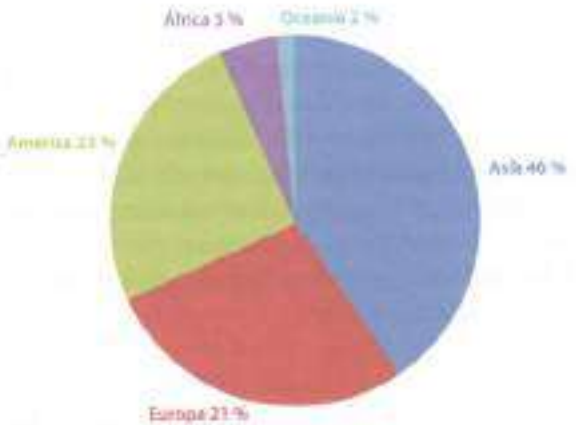
Las estadísticas publicadas en el informe mundial sobre basura electrónica del 2017 anticiparon que para el año 2021 se proyectaron un total de 52.2 Mt, equivalentes a 6.8 Kg/hab, sin embargo, en el informe de Forti et al. (2020), se publicó que en el mundo en 2019 se generó la cantidad de 53.6 Mt de e-waste, un promedio de 7.3 kg/hab, (un 20% más de lo esperado), excediendo el cálculo considerado en los pronósticos del 2017 por dos años antes de lo previsto, "se está generando mayor cantidad de basura electrónica a nivel mundial".

Del total de esta basura se tiene documentado que solo el 20% es recolectado y reciclado en forma adecuada siguiendo normas y estándares (equivalente a 10.7 Mt, para 2020); respecto al 80% restante no existe un seguimiento o carece de documentación que sustente a donde se lleva y que manejo se le da, por lo que se deduce que se encuentra tirado en basureros o en condiciones de basura (difícil de reciclar).

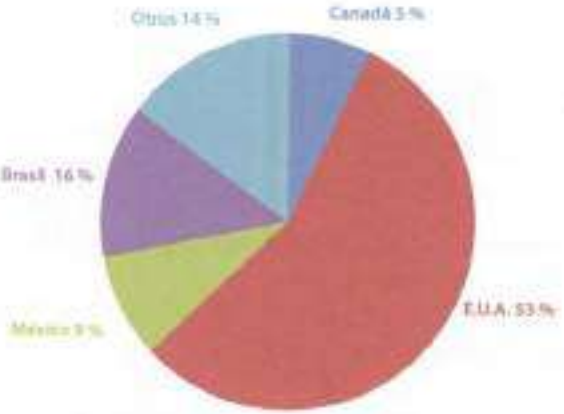
De acuerdo con el informe mundial del 2017, Asia generaba el 40.7% del e-waste, seguido por Europa con un 27.5%, América con un 25.3%, África con el 5% y Oceanía con 1.5%. El porcentaje del continente americano equivalía a 11.3 Mt. En América Latina se calculó que Brasil producía aproximadamente 1.5 Mt y México 1 Mt; ambos países resultaron los mayores generadores de basura electrónica en la región, solamente por debajo de E.U.A. que produjo unos 6.3 Mt.

En el más reciente informe de e-waste del año 2020 se observa que México ya generaba por año aproximadamente 1.2 Mt. de basura (un 20% más de lo pronosticado). La figura siguiente muestra la participación en porcentajes y en equivalencia de Mt. por continente y por país.

Porcentaje de basura electrónica generada en 2019



a) Por continente un total de 53.6 Mt



b) Continente americano con 13.1 Mt

Fuente: Basado en Baldé et al. (2017) y Forti et al., (2020).

Es un hecho que los avances tecnológicos en las telecomunicaciones han impulsado la innovación, la eficiencia, el desarrollo social y económico de los países. Una percepción a favor de estos avances se experimentó con la pandemia del Covid-19 en el año de 2020, que detonó la necesidad del uso de servicios y aplicaciones en línea de manera extensiva para continuar con actividades laborales, educativas, de comunicación y de entretenimiento. Otro punto de vista contrario con respecto al uso masivo e inesperado de los equipos es el fin de la vida útil de los mismos, ya que, cuando los equipos usados caducan no son reciclados adecuadamente, esto muestra una carencia de una conciencia ambiental o la falta de normas en el manejo de la basura generada por los usuarios, que pueden llegar a impactar negativamente a la salud de los seres humanos al convertirse en un contaminante.

6.1 Estadísticas sobre la generación de basura electrónica

La metodología estandarizada internacionalmente para medir los desechos electrónicos ha sido desarrollada por el programa de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y el Programa de Ciclos Sostenibles (SCYCLE), en colaboración con el grupo de trabajo sobre la medición de los desechos electrónicos dentro de la Alianza de las Naciones Unidas para la medición de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) para el desarrollo. La primera edición de las directrices de estadísticas de desechos electrónicos sobre clasificación, informes e indicadores se publicó en 2015 y fue redactada por UNU-SCYCLE (2015), y se sometió a una consulta global y publicada en el informe de Baldé et al. (2015). La segunda edición fue actualizada por la UNU en 2018 y publicada en el informe de Forti, Baldé y Kuehr (2018).

La metodología propicia la combinación legal dentro del marco de medición y los indicadores, demostrando ser un paso sustancial hacia el logro de un marco de medición global integrado y comparable para los desechos electrónicos. Los mismos conceptos formaron la base para el primer informe sobre el e-waste a nivel mundial en el año de 2015, esto contribuyó que la Unión Europea utilizará esta metodología para calcular y establecer sus objetivos de recolección de acuerdo con la Directiva UE-RAEE para los desechos electrónicos (Directiva WEEE, 2012).

El marco propuesto captura y mide las características más esenciales de acuerdo a los siguientes indicadores:

1. Total de aparatos eléctricos y electrónicos comercializados (kg per cápita). Representa el tamaño del mercado nacional de bienes electrónicos.
2. Total de desechos electrónicos generados (kg per cápita). Representa el tamaño de residuos electrónicos generados por país.
3. Desechos electrónicos recolectados formalmente (kg per cápita). Representa la cantidad de residuos electrónicos que se recogen mediante el sistema de recolección formal.
4. Tasa de recolección de desechos electrónicos = total de desechos electrónicos reciclados/total de desechos electrónicos generados x 100%. Este indicador representa el desempeño de los sistemas formales de recolección.

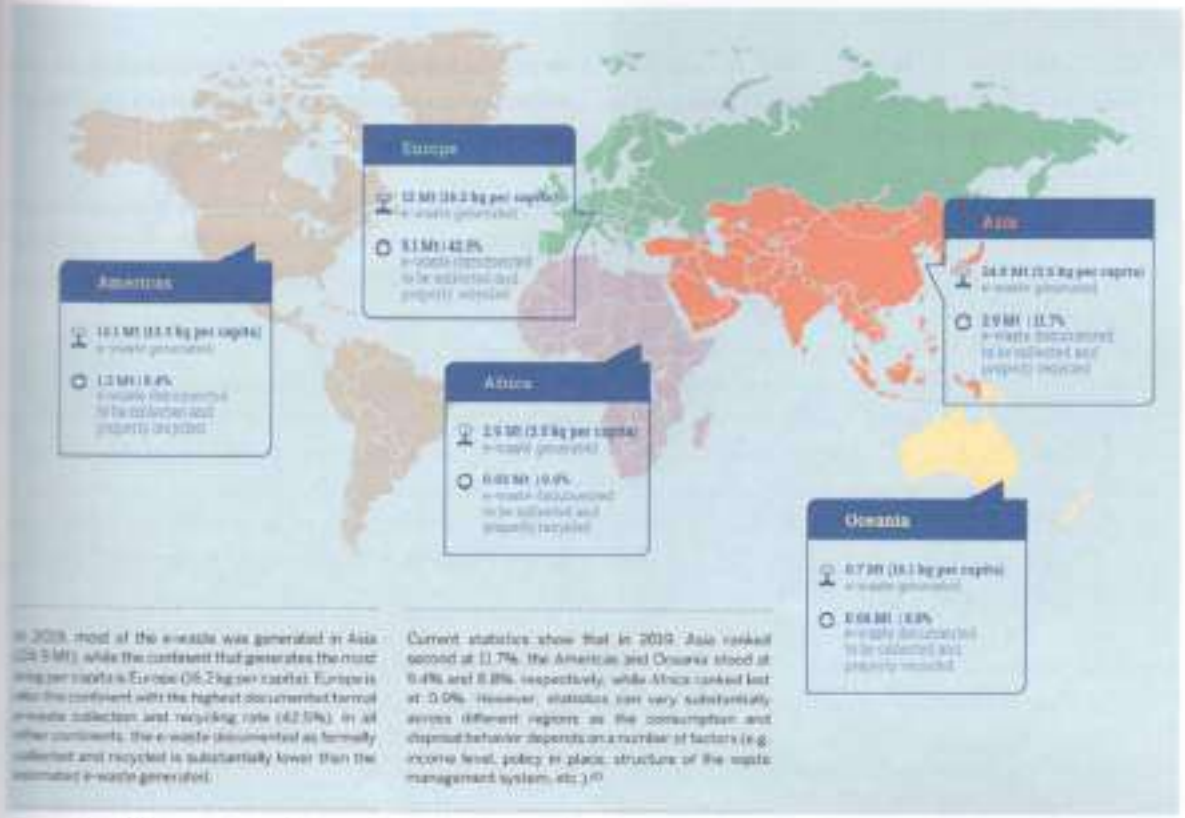


Figura 6.1 Millones de toneladas métricas (Mt) generadas por continente y kg de e-waste per cápita (Kg/hab). Fuente: Forti et al., (2020)

De acuerdo con estos indicadores se observó que para 2019 el continente que más generó e-waste fue Asia seguido por el continente americano. Sin embargo, el continente europeo fue el de mayor generación en Kg per cápita (kg/hab), como se observa en la figura 6.1.

6.2 Tendencias de regulación

En el año de 1989 se elaboró el convenio de Basilea sobre el "Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación". Fue adoptado por 116 paises quienes hasta la fecha lo han ratificado, de acuerdo con la Triple Conferencia de los Paises (COP) en el año de 2015.

En este convenio se establecen las directrices técnicas para la gestión de residuos bajo el Convenio de Basilea. En especifico las reglas para la basura electrónica que proporcionan orientación de cómo identificar residuos electrónicos y equipos usados moviéndose entre países, con el objetivo de controlar el tráfico ilegal. Éste convenio es para proporcionar unas condiciones equitativas para todas las partes representantes que lo adoptaron, las directrices apoyarían y también fomentarían una auténtica recuperación, reparación, reciclaje y reutilización de componentes electrónicos y equipos no peligrosos. Meses después de la COP 2015 muchos periódicos y equipos de investigación lanzaron alertas sobre como los países no seguían las directrices acordadas y de que el problema del e-waste iria en aumento. En año de 2020 la revista Forbes lanza una alerta; "Basura electrónica, un enorme desafío que no cesa: ONU", Forbes (2020).

En el informe Global E-waste 2020 se publicó que el mundo arrojó un récord de 53.6 millones de

COP. Conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático. La conferencia ha sido diseñada para logar los pasos sucesivos y necesarios en el proceso de negociaciones sobre el cambio climático de las Naciones Unidas. Cada año se logran acuerdos en la aplicación de las políticas definidas en una COP de años anteriores, inicia en 1979 con la COP de Ginebra Suiza, bajo la responsabilidad de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC). Se ha realizado en forma regular cada año hasta la última realizada en 2019 en el país de Chile conocida como COP25.

toneladas de desechos electrónicos en el año 2019 y sólo el 17.4% fue reciclado, la nota de Forbes advierte:

"Incluso los países que cuentan con un sistema formal de gestión de residuos electrónicos se enfrentan a tasas de recolección relativamente bajas", (Forbes desafió e-waste, 2020).

Esto alertó a muchas asociaciones a nivel mundial porque se resalta la poca participación de la sociedad, el gobierno y las empresas generadoras de tecnología. En este informe se documentó que el país de China generó 10.1 Mt. de basura electrónica, a la vez fue la principal fuente de desechos electrónicos a nivel mundial; Estados Unidos fue la segunda con 6.9 millones de toneladas, e India, con 3.2 millones de toneladas, la tercera. Los tres países representaron casi el 38% de los desechos electrónicos del mundo en el año de 2019. Si bien el daño general causado al medioambiente por todos los residuos no reciclados puede ser incalculable, el mensaje del informe fue concluyente:

"La forma en que producimos, consumimos y eliminamos los residuos electrónicos no es sostenible" (Forbes desafió e-waste, 2020).

Lo que está sucediendo en estos tres países es sintomático de un problema más extenso que ocurre en los más desarrollados, en donde la demanda de productos electrónicos y electrodomésticos est aumentando rápidamente, y se destaca en el infor me que:

> "En los países de ingresos medios y bajos, la infraes tructura de gestión de los desechos electrónicos to davía no está plenamente desarrollada o, en alguno casos, está totalmente ausente".

Es un reto para los países a nivel local gestionar la información y representar en datos estadísticos sus desechos electrónicos, con la finalidad de contribuir a entender la magnitud de los desafíos a resolver que consisten en la creación de un modelo sostenible para el manejo de su basura electrónica, como lo son;

a. establecer puntos clave suficientes de reciclado,
b. diseñar un sistema de recolección y reciclaje sustentable,
c. determinar prioridades para los responsables de las políticas públicas ambientales,
d. influir en las regulaciones y políticas públicas para ello
e. asignar recursos financieros adecuados,
f. promover iniciativas en crear conciencia entre los consumidores, entre otros desafíos implícitos.

Los organismos que representan a estos países y que están constituidos para atender estos procesos, deben monitorear los movimientos transfronterizos o las actividades informales de los desechos electrónicos, para que los responsables de las políticas a nivel nacional, regional e internacional puedan intervenir en la solución de este problema. Cabe mencionar que en países industrializados de primer mundo también tienen problemas del control de basura, en la figura se muestra un ejemplo.

De acuerdo con la revista National Geographic (2020), en su artículo "Peligros de la basura electrónica", describe que en los últimos años el creciente ritmo al que evoluciona la tecnología

Figura 6.2 Tiradero de e-waste en los países bajos, muestra el problema en países desarrollados.
Fuente: (National Geographic peligros del e-waste, 2020).

hace que al poco tiempo de adquirir dispositivos electrónicos los usuarios tienen que cambiarlos; a veces por simple capricho, otras por necesidad; los aparatos se queden obsoletos muy rápidamente dejando de ser útiles para soportar nuevas tecnologías. El Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA) calculaba que se generaban en todo el mundo cerca de 50 Mt, estos residuos electrónicos muchas ocasiones van a parar a los lugares más insospechados "bosques, selvas, ríos, mares, incluso huertas o zonas de cultivos", contaminándolos; por ejemplo, un solo tubo de luz fluorescente puede contaminar 16,000 litros de agua, una batería de níquel-cadmio de las empleadas en telefonía móvil unos 50.000 litros de agua, mientras que un televisor puede contaminar hasta 80.000 litros de agua. La Universidad de la Naciones Unidas (UNU) alertó que, de no producirse un cambio, los residuos tecnológicos podrían casi triplicarse para el año 2050, es decir unos 150 Mt de e-waste al año.

Es difícil evaluar cuántos productos eléctricos se fabrican anualmente, sin embargo, si se considera solamente a los aparatos conectados a Internet, "estos totalizan una suma mucho mayor que la de humanos, cuya población mundial es de unos 7,700 millones en año de 2020". De acuerdo con el programa UNU-SCYCLE existen legislaciones que vuelven obligatorio el reciclaje de desechos electrónicos; por ejemplo, para la Unión Europea (UE) se esperaba que debiera reciclar el 85% de todos los desechos tecnológicos generados, sin embargo, este objetivo no se alcanzó en absoluto. El principal desafío que enfrentaron los países europeos fue la recolección de este tipo de basura, además de promover iniciativas para crear conciencia entre los consumidores. Los puntos de reciclaje o recipientes

para juntar esa chatarra fueron claves, pero no suficientes, de acuerdo con el informe del programa.

El e-waste supone una oportunidad valorada en unos 62.500 millones de dólares por año, más que el producto interno bruto de la mayoría de los países y el triple de la producción de las minas de plata del mundo; "Hay 100 veces más oro en una tonelada de residuos electrónicos que en una tonelada de mineral de oro, señala el informe".

El programa UNU-SCYCLE hace un llamado para crear una nueva visión basada en la "economía circular PACE" y en la necesidad de colaboración con las grandes marcas desarrolladoras de tecnología, así como con pequeñas y medianas empresas, con la academia, los sindicatos, la sociedad civil y sus asociaciones, para cambiar las políticas públicas y de la industria que deberían de considerar a los residuos electrónicos con un enfoque sostenible, "aunque las cifras indican lo contrario".

Para implementar soluciones sostenibles se requieren esfuerzos internacionales "revolucionarios y armonizados entre sí", se debe investigar más en este sentido. Existen proyectos concretos de la batalla contra la basura electrónica en una economía circular. Por ejemplo, en Nigeria en el año 2019 generó 500,000 t de e-waste con una población de 196 millones de habitantes; en un esfuerzo del gobierno nacional, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y la ONU Medio Ambiente anunciaron una iniciativa conjunta para crear una industria formal de su reciclaje, en la que también invertiría el sector privado. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en este sector trabajan de manera informal unos 100,000 trabajadores nigerianos, que con esto podrán formalizar su situación laboral. En América Latina y el Caribe, existe un proyecto sobre basura tecnológica de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (Onudi) cofinanciado por el fondo GEF, que buscan promover el desarrollo sostenible en 13 países, ayudando a establecer estrategias en cada uno de ellos y potenciando la cooperación regional.

Como se puede observar de estos proyectos o esfuerzos conjuntos, si bien existe conciencia de muchos sectores de la sociedad sobre la generación de basura electrónica y sus efectos, aún se está muy lejos de lograr un modelo de reúso y reciclado sostenible; en los próximos años se prevé un fuerte problema ambiental, sin embargo los esfuerzos de muchas organizaciones y entes de gobierno todavía no permean en la conciencia de la sociedad, es necesario socializar a nivel global esta información para enterar a la conciencia colectiva de la necesidad inminente de participar en la construcción de un modelo sostenible para la recolección y reciclaje de este tipo de desechos.

6.3 Marco legal a nivel mundial

De acuerdo con el informe de Forti et al. (2020), se debe regular a nivel mundial un marco legal y sostenible de acuerdo con las siguientes propuestas:

Dar seguimiento de las cantidades y los flujos de residuos electrónicos es fundamental para evaluar la evolución en el tiempo y establecer una agenda para atender el problema.

Promover el desarrollo de políticas e instrumentos legales sólidos puede lograrse con mejores datos sobre lo desechos electrónicos.

Comprender las estadísticas proporciona una base para monitorear, controlar y prevenir el transporte ilegal, el vertido y el tratamiento inadecuado de los desechos electrónicos.

Economía Circular (PACE). Plataforma para Acelerar la Economía Circular (PACE), es un mecanismo de colaboración público-privado y un acelerador de proyectos dedicado a lograr la economía circular en velocidad y escala. Reúne a una coalición de más de 50 líderes de organizaciones empresariales, gubernamentales e internacionales y está copresidida por los directores de ONU Medio Ambiente, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y Royal Philips. Es alojado por el Foro Económico Mundial.

Conocer los datos a nivel mundial ayuda a minimizar la generación de desechos electrónicos y hacer un balance de los desafíos, para tener una base para hacer intervenciones políticas específicas.

Comprender mejor las cantidades de desechos electrónicos ayuda a establecer instrumentos ad-hoc para promover el reciclaje.

Comprender el potencial de las actividades de reciclaje y rehabilitación de residuos electrónicos permite pronosticar la potencial creación de empleo verde en los sectores de rehabilitación y reciclaje.

Tener mejores datos sobre residuos electrónicos es esencial para medir el progreso hacia el objetivo global establecido en 2018 en la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT de aumentar la tasa mundial de reciclaje de desechos electrónicos al 30% para 2023.

En el contexto de la legislación y regulación en muchos países se han hecho esfuerzos para crear leyes que rigen la disposición adecuada de desechos electrónicos. En el caso de México existe solamente una sola norma y su ley que regulan el tema de la basura electrónica, la cual es la NOM-161-SEMARNAT-2011. En el caso de Brasil cuenta con más 65 leyes que regulan el manejo de la basura electrónica y su disposición. En el caso de los Estados Unidos de América, se cuentan con más de 100 leyes, de las cuales más el 50% de ellas hablan del uso y manejo de basura electrónica en diferentes regiones del país. Pocos países en la región de América Latina están siguiendo una verdadera agenda para esta problemática.

Por inverosímil que parezca, la Convención de Basilea, es disfuncional, a pesar de ser ratificada por 116 países; y en algunos casos ha representado la inutilidad, ya que los residuos tecnológicos siguen inundando países como Ghana, Nigeria o India, entre otros de américa latina, como se muestra en la figura 6.2. Según las iniciativas de e-Stewards y denuncias de Green Peace, hay cuatro motivos fundamentales para que se produzcan estas exportaciones:

De acuerdo "con la Convención de Basilea las exportaciones quedan reguladas (previo consentimiento), pero no prohibidas", por lo que cada país termina decidiendo si importa o no este tipo de basura.

Es necesario "reforzar tratados internacionales o convenciones como esta es complicado, porque no existe una corte internacional que los regule y al final depende de los Estados el que se refuercen dichos acuerdos". Por eso, países con leyes laxas, con un bajo grado de cumplimiento legal o alto grado de corrupción son caldo de cultivo para que se produzcan importaciones y exportaciones ilegales.

Estados Unidos "es uno de los mayores exportadores de basura electrónica y el único país desarrollado que no ha ratificado la Convención", que también establece que los países signatarios no pueden importar de países no signatarios (como E.U.A). Sin embargo, la Agencia de Protección Ambiental estadounidense permite la exportación de los RAEE, lo que facilita que su basura electrónica termine en países con adjudicación recicladora y que no se apegan a normas.

Por último, "la Unión Europea (signataria del acuerdo y donde las exportaciones son ilegales) y otras potencias desarrolladas fomentan la indeterminación que se declara en ciertos vacíos legales, ya que la Convención no aplica a los equipos electrónicos funcionales, solo a la basura electrónica".

El problema, continúa según el informe de Baldé (2020) y es que "nunca se ha llegado a definir exactamente qué es basura electrónica y, en el momento en que un dispositivo puede repararse, técnicamente, ya no es basura". Pero existen todavía más lagunas legales para evitar la importación ilegal, porque, por un lado, cualquier equipo usado es susceptible de ser reparado y evitar así los controles de desechos y, por otro, hasta las reparaciones legítimas implican la existencia de partes que no pueden repararse y que por definición "serían residuos". Una ambigüedad que deja la puerta abierta a excepciones legales y hace que muchos exportadores "aleguen que el material no es residuo, porque se puede reparar y reutilizar".

Figura 6.3 Un día normal en Agbogbloshie, un barrio de Accra (capital de Ghana), que se ha convertido en el mayor vertedero de basura electrónica de África y en uno de los principales del mundo.
Fuente: Ethic.es (2019).

Basel Action Network (BAN). BAN es una organización sin fines de lucro, fundada en 1997, ubicada en Seattle, Washington, es la única organización en el mundo dedicada a la justicia ambiental que muestra la ineficiencia económica del comercio tóxico y sus impactos devastadores a nivel global. Actualmente, BAN sirve como centro de información para periodistas, académicos y público en general. A través de sus investigaciones, BAN ha revelado la tragedia de los vertederos de residuos electrónicos en países en desarrollo.

Por ejemplo, en pais pobres como Ghana acepta los contenedores etiquetados como material de segunda mano, que luego venden en el mercado local o desguazan para rescatar las materias primas, "hay mucho dinero en juego en el reciclaje directo de basura electrónica tal y como se lleva a cabo en estos países". Sin puntualizar en estas denuncias el daño ecológico y salud humana en juego, com se muestra en la Figura 6.3.

La importación y exportación de los RAEE una actividad a nivel global que requiere el esta blecimiento de medidas encaminadas a eliminar tráfico ilegal de residuos (que ofrece un incentiv económico al obtener ganancias), "urge clarifica si hablamos de residuos o de materias primas qu

llegan a estos países porque hay plantas de tratamiento que permiten separar los componentes y volverlos a reusar en un proceso de economía circular".

Esta oquedad reglamentaria ha llevado a la organización BAN a redactar una enmienda a la Convención de Basilea, "Todos estos países deben prohibir la importación de este tipo de residuos, igual que ha hecho China", país que empezó a vetar distintos tipos de desechos desde el año de 2017 y ahora solo acepta aquellos residuos sólidos que no contengan materiales tóxicos y contaminantes y que puedan ser tratados como mercancías. Ghana, por ejemplo, no los ha prohibido; se ha documentado que llanura de "Agbogbloshie" es un vertedero a cielo abierto altamente contaminado.

En un artículo de la revista ethic.es (2019), se hace una advertencia a nivel mundial los "vertederos electrónicos están en países pobres, todos esos móviles, ordenadores, televisiones, frigoríficos y coches que ya no queremos, se están convirtiendo en verdadero problema ambiental". ¿Su paradero?, grandes llanuras yermas ubicadas en las zonas más pobres del mundo, como se observa en la figura.

El informe "Agujeros en la economía circular: Fugas en los residuos electrónicos de Europa", redactado por la BAN en (2017), denuncia que al menos 10 países europeos, exportaron de forma ilegal más de 350,000 t de e-waste. Este problema es un reflejo de una sociedad de consumo en la que cada europeo genera 17.7 kg/hab, cada estadounidense, 20 kg/hab y cada africano 1,7 kg/hab al año. Este "tsunami" de basura electrónica representa "una crisis urbana sin precedentes".

Para la BAN los productos electrónicos no están diseñados para que se puedan actualizar o tener una vida larga, "la industria es capaz de lograr que todos los dispositivos sean libres de tóxicos, pero no se preocupa demasiado para hacerlo; ciertos productos tienden a crearse para que no puedan ser reparados, las baterías de los smartphones y tablets están prácticamente pegadas a los circuitos". La economía circular se diluye por estas prácticas, la gestión responsable de RAEE es de vital importancia para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la ONU. Estamos en un momento donde la tecnología es fundamental para orientar los modelos de producción a las necesidades económicas, pero no puede perderse de vista el costo ecológico y humano, el informe finalmente sugiere:

> Reciclado de teléfonos móviles. Reciclar de manera correcta y responsable un millón de móviles (aproximadamente unas 166.6 toneladas) permite recuperar hasta 9,100 kg de cobre, 250 kg de plata o 22.6 kg de oro, según estadísticas de reciclado en el año de 2017. El reciclaje de una tonelada de teléfonos móviles - excluyendo la batería - evita la emisión de más de 8 toneladas de CO_2 a la atmósfera.

"reducir el uso de materiales, disminuir los residuos y encontrar a través de la innovación la manera de reciclar y reutilizar, es urgente para la ecología".

6.4 Dumping

En el artículo de la revista "The Guardian" (2020), se menciona que: "10 mil millones de dólares son perdidos en metales preciosos al año en la basura electrónica", de acuerdo con el informe mundial del e-waste (2020), se responsabiliza a la falta de regulación y a la vida útil cada vez más corta de los productos o equipos y además son cada vez más difíciles o imposibles de reparar. Los expertos calificaron la situación de un "escándalo global, totalmente evitable". En este contexto las personas del norte de Europa produjeron la mayor cantidad de desechos electrónicos; 22.4 kg/hab en 2019, los australianos y neozelandeses generaban 21.3 kg/hab, mientras que en Estados Unidos y Canadá aproximadamente 20.9 kg/hab. Los promedios en Asia y África fueron mucho más bajos; 5.6 kg/hab y 2.5 kg/hab, respectivamente, esto puede verse en la Figura 6.4.

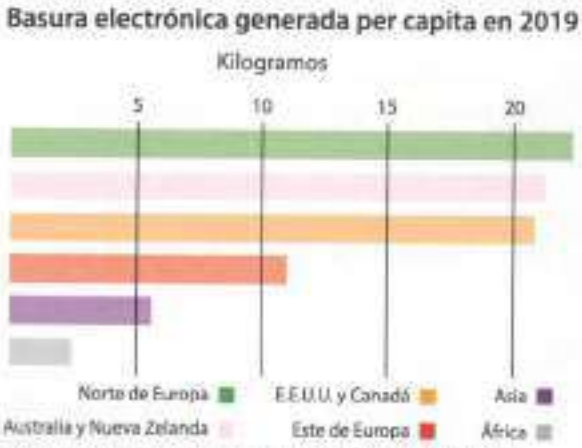


Figura 6.4 E-waste generados por persona en 2019, Kg/hab.
Fuente: The Guardian (2020).

En este contexto Europa también tuvo la tasa de reciclaje más alta en 2019 con un 42%, Asia en segundo lugar con un 12%, en América del Norte, América del Sur y Oceanía, la tasa fue de solo el 9% y en África fue del 0.9%. En los países de ingresos bajos y medianos, algunos desechos electrónicos se reciclan, pero generalmente con prácticas inseguras, como quemar placas de circuitos y cables para recuperar el cobre. Esto libera metales altamente tóxicos como mercurio, plomo y cadmio, "causando graves efectos en la salud de los trabajadores y de los niños que a menudo viven y juegan cerca de los tiraderos de los desechos electrónicos". Se estimó que cada año se arrojan 50 toneladas de mercurio proveniente de monitores, bombillas de bajo consumo y otros desechos, además, los gases liberados por los refrigeradores y las unidades de aire acondicionado desechados equivalieron a 98 millones de toneladas de dióxido de carbono atmosférico en el año de 2019 (cifra cercana a lo que produce la industria del país de Bélgica).

"Los desechos electrónicos son un problema muy grande porque la cantidad crece a un ritmo muy rápido cada año y el nivel de reciclaje simplemente no mantiene el mismo ritmo", ONU 2020.

El mayor problema es que, en muchos países, no hay sistemas de recolección, las empresas que introducen el equipo en el mercado no son responsables de la eliminación al final de su vida útil. No se fomenta una economía circular. Sin duda el valor de los metales que se tiraban presentaba una oportunidad. De acuerdo con el informe de Baldé de la ONU menciona que "si la recolección y el reciclaje estuvieran mejor organizados, las economías de escala aumentarían y creo que hay oportunidades para crear una nueva economía y nuevos empleos, habría un ingreso enorme para muchas personas".

El reciclaje también reduciría el impacto ambiental de la extracción de metales desde la industria minera: "un gramo de oro tiene una huella ecológica enorme". En el año de 2018, el órgano rector de la UIT estableció el objetivo de aumentar el reciclaje de desechos electrónicos del 17% al 30% para 2023, esta meta no será realista debido a las políticas públicas en muchos países; en 2019 solo 78 informaron de estar implementando leyes para regular los desechos electrónicos, de un total de 193 estados miembros de la ONU.

Tarjetas electrónicas que contienen componentes dañinos para la salud, además de metales que puede ser reciclados.

6.5 E-Waste en la región.

México pertenece a los países que firmaron el convenio de Basilea y es de los países que tiene leyes que regulan la basura electrónica. Sin embargo, en el año de 2015, cada mexicano produjo entre 7 y 9

analógico en México que desechó más de
de TV en el año de 2015.

de basura electrónica al año, convirtiéndose en uno de los principales generadores de esta clase de desechos en la región. De multiplicar esta cifra por los 110 millones de habitantes que había en México en año de 2015, se generaban entre 840 a toneladas de basura electrónica. De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología, desde el año 2010, se ha incrementado el volumen de basura electrónica en nuestro país, pasando de entre 3 y 5 kg/hab a casi 9 kg/hab para el año 2015.

Un suceso importante que genero una gran cantidad de basura electrónica en México fue el apagón analógico, el cual consistió en reemplazar todos los aparatos analógicos como las "televisiones" por "nuevas pantallas", lo que arrojó que millones de equipos quedarán sin funcionar y se transformaron en basura electrónica. No se adoptaron medidas adecuadas para el manejo de estos y con el de lograr una disposición adecuada, que consiste en desensamblar los aparatos electrónicos de forma correcta; es decir, separar plástico, metales y componentes, para su reciclaje en las cadenas de producción industriales, quedaron en tiraderos clandestinos, ver Figura 6.5.

Según estimaciones de la BBC mundo en (2015), la generación de e-waste en México equivaldría a ocupar la plancha del Zócalo capitalino cada año. Y de continuar con esta tendencia, podría llenar el estadio Azteca cada 2 años (unas 600,000 toneladas). Se trataba de un serio problema, pues esta basura ya se observaba como un factor de contaminación de los mantos freáticos, así como innumerables hábitats naturales en México. La Falta de políticas públicas e incentivos para reciclaje es un gran problema que tenemos en México desde entonces, además de la poca conciencia entre los usuarios, tampoco hay regulación suficiente.

Anteriormente se describió la iniciativa StEP, como un esfuerzo internacional, que realizó un censo de las leyes que regulaban el reciclaje y desecho de la basura electrónica, y que encontró en diferentes países sudamericanos, por ejemplo, Argentina, hay hasta 20 o 30 leyes que regulan el e-waste, y en otros países como México sólo hay una NOM y su ley, que ya están desfasadas (no está

actualizo el listado de los equipos que se consideran contaminantes). En México además que tenemos una ley muy laxa, también faltan incentivos para los proveedores y las empresas, darles facilidades o estímulos a quiénes desarrollarán una planta recicladora, de manera que los componentes no sean tirados a la primera, el problema es que no existe una política pública clara, sólo hay algunos puntos de reciclaje, algunos "reciclatones", pero son muy esporádicos e insuficientes.

A la falta de regulación hay que añadirle los hábitos de consumo, pues hace unos años ya se le calculaba a cada mexicano un promedio de 7 kg/hab, que ha crecido hasta unos 10 a 12 kg/hab en el año de 202, esto porque simplemente no reciclamos; se tiran pantallas, celulares, hornos de microondas, entre otras tecnologías, que tienen un periodo muy corto de servicio y que generalmente se requiere actualizar o mejorar.

6.6 Contaminación por metales pesados.

Diferentes estudios en varios países en el mundo y México se han orientado a conocer la contaminación de hábitats por metales pesados, es un problema que va en aumento debido a la actividad industrial, minera y más recientemente por la basura electrónica; la actividad minera es la más estudiada por su gran impacto a la salud humana. Los metales contaminantes más importantes que genera esta industria en México, dada su toxicidad y abundancia son: mercurio, arsénico, plomo y cromo. Entre los sitios más afectados por las altas concentraciones de metales pesados en suelos se encuentran los estados de Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y San Luis Potosí.

Como lo señalan Cavarrubias S. y Peña J. (2017), desde los años 90 en México ya se tenían reportes de la presencia de metales pesados en ríos, lagos, cultivos, suelos y aire de zonas urbanas, así como en ambientes costeros y marinos, donde se habían detectado la acumulación de metales tóxicos en tejidos de peces y moluscos de consumo humano. A raíz de estos estudios en el país se proponen dos normas oficiales (NOM) para establecer límites máximos de metales pesados y arsénicos en suelos la NOM147-SEMARNAT-SSA1-2004 (SEMARNAT 2007) y en agua la NOM-001-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT 2003). Sin embargo, estas normas solo regulan a las industrias que generan mayor contaminación, se tienen estudios que la basura electrónica es otra gran fuente de contaminación, y que hasta la fecha no ha estado debidamente regulada.

Otro de los problemas que se observa en la basura electrónica, es la contaminación por metales pesados (que va en aumento), de mantos freáticos, es decir, a los acuíferos, que son los más susceptibles a la contaminación y de donde se extrae mucha del agua de consumo, es solo cuestión de tiempo, una vez contaminados revertir el proceso podría llevar años.

Lixiviados. El lixiviado es el líquido que se produce cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto materia en suspensión como disuelta, generalmente se da en ambos casos. Este líquido es hallado frecuentemente asociado a rellenos sanitarios, en donde, como resultado de las lluvias, percolando a través de los desechos sólidos y reaccionando con los productos de descomposición, químicos y otros compuestos, se produce el lixiviado. Si el relleno sanitario no tiene sistema de recolección de lixiviados, éstos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas medioambientales y/o de salud. Típicamente, el lixiviado es anóxico (niveles bajos de oxígeno), ácido, rico en ácidos orgánicos, iones de sulfato y con altas concentraciones de iones metálicos comunes, especialmente hierro. Tiene un olor bien característico, difícil de ser confundido y olvidado (olor a sulfurado). Los peligros de los lixiviados se deben a las altas concentraciones de contaminantes. Los microorganismos patógenos y las sustancias tóxicas que pueden estar presentes son citados frecuentemente como los más importantes. Sin embargo, el contenido de microorganismos patógenos se reduce rápidamente en el tiempo en los rellenos sanitarios, aplicándose esto último al lixiviado fresco. Geológicamente, es el proceso de eliminación de los constituyentes solubles de una roca, sedimento, suelo o escombrera por las aguas de infiltración. Ver figura 6.6.

Figura 6.6 Formación de lixiviados Fuente: Los RAEE y lixiviados, (Rezagos, 2020).

Se debe de evitar los escenarios en donde los pozos más cercanos a los asentamientos urbanos pueden ser contaminados por la presencia de metales pesados, ya que se han hecho estudios que indican afección a la respiración como resultado de la exposición a incineración de basura electrónica, o puede afectar a la salud humana porque se bioacumula, sobre todo el plástico Polibromodifenil (PBDES) que se encuentra en los equipos si éste es absorbido por la piel o por inhalación al quemarse. Las baterías como ya se ha mencionado también son altamente contaminantes, debido a que una vez que ya se agotó su energía, hacen una reacción química que no es controlable, sin contar que, de éstas, sólo algunas partes es posible reciclar. Hay intentos, de nuevas baterías, pero finalmente las que se encuentran en el mercado son las que más contaminan. Habría que buscar otras fuentes de energía, como las energías limpias (paneles solares, entre otros), o mejorar la capacidad y duración de las actuales.

6.7 Falta de estandarización

Algo que le añade a la producción de basura electrónica es la falta de estandarización de componentes, que impacta directamente pues en ocasiones un cargador no sirve si se cambia de marca de celular, o de tableta, incluso hay algunos de la misma compañía que no usan el mismo cargador y se vuelven obsoletos, entonces, se usa unos años e inevitablemente se convierte en basura electrónica. Las empresas, deberían poder ponerse de acuerdo para no generar basura electrónica, utilizar un mismo tipo de cargador, o adaptadores, componentes móviles e intercambiables, muchas veces no hay forma de reciclar, y entonces se tira. Vemos en la calle televisiones, monitores, hasta computadoras o gabinetes que se abandonan en la esquina y prácticamente se descomponen a "cielo abierto". Para el 2050 se estima que se generen unos 160 Mt. en México, y si el ritmo de producción de basura electrónica continúa, estaremos generando más de 2 Mt. anuales, unos 20 kg/hab. Reducir la basura electrónica es difícil, bajar la huella ecológica por el uso de la tecnología no es fácil, pero sí se puede utilizar los equipos electrónicos al máximo, tantos años como se pueda y cuando ya sea imposible utilizarse (por obsolescencia), debe intentar desecharlo de manera responsable (en eventos de reciclaje). Evitar los tiraderos como se muestra en

Figura. 6.7 Tiradero de e-waste a cielo abierto en países en vías de desarrollo (México).
Fuente: Vidal John (2013).

la figura 6.6 es un reto de los gobiernosun reto de los gobiernos

Se reitera que el desarrollo tecnológico ha permitido que muchas actividades se realicen de una manera fácil y rápida, se enfatiza que, en las dos últimas décadas, el acelerado consumo de bienes y servicios ha ocasionado un gran problema de generación de e-waste. Su aumento se conjunta con la falta de tratamiento y manejo adecuado de los residuos, que por lo general son enviados a tiraderos a cielo abierto u otros espacios de alto riesgo para el medio ambiente y la salud humana. La tendencia hacia el desarrollo de una sociedad global de la información impulsa a un número creciente de usuarios de nuevas tecnologías a adquirir nuevos productos, resultado de los rápidos avances tecnológicos. Así la innovación, la eficiencia y el crecimiento económico avanzan a gran velocidad.

Para el año 2019 más de la mitad de la población mundial ya utilizaba internet, redes y servicios móviles, lo que tuvo como consecuencia que muchas personas utilizarán más de un dispositivo electrónico, promoviendo con esto, ciclos de reemplazo cada vez más cortos con el fin de adquirir mejor tecnología. Lógicamente el recambio frecuente de dispositivos electrónicos genera cada vez más basura. La figura 6.7 se muestra como México para el año de 2020 generó 1.2 Mt., cantidad que los ubica en el 3er. lugar a nivel América y el 13o. lugar a nivel mundial.

6.8 Normas y estándares internacionales

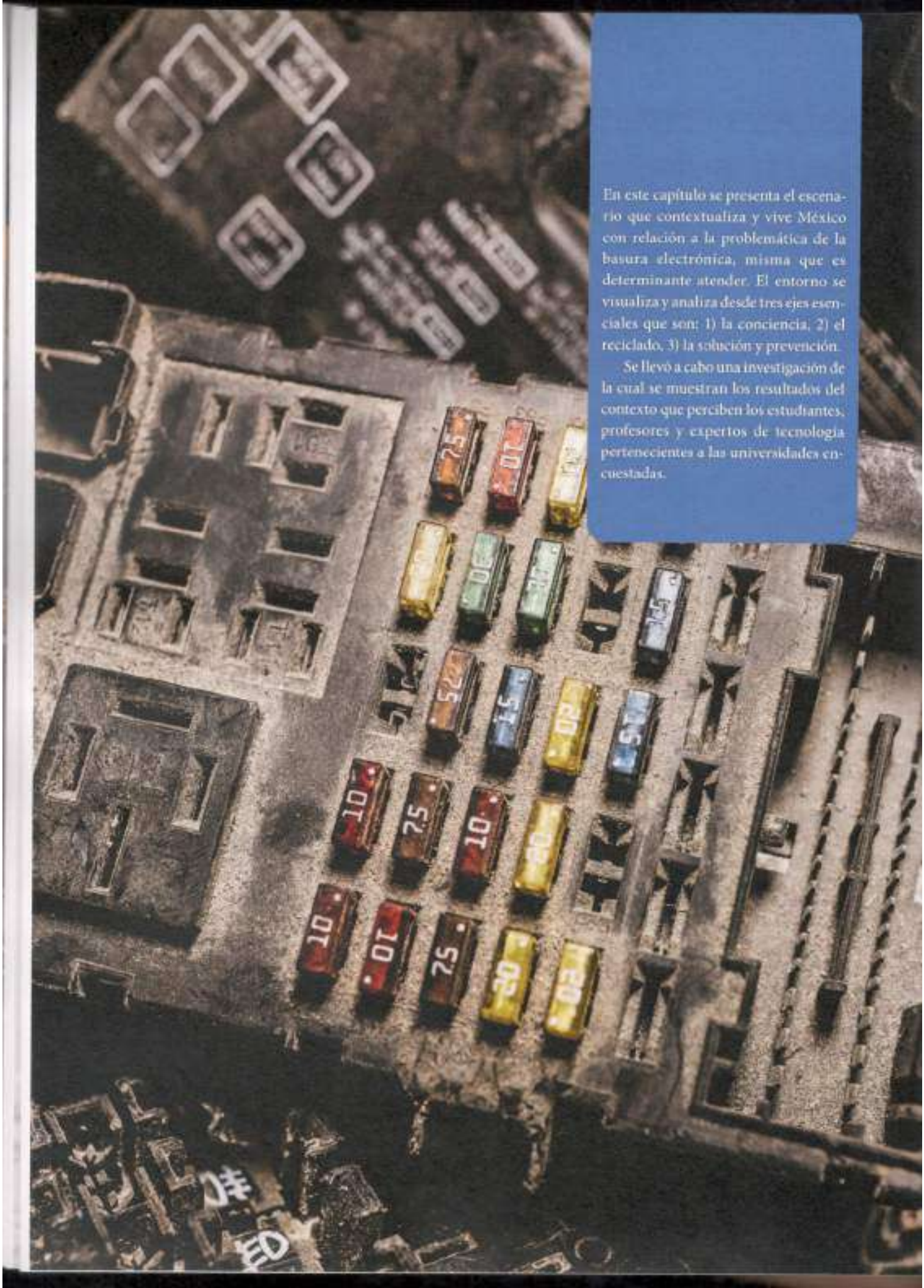
El manejo de la basura electrónica en forma adecuada tiene muchos retos para lograr su reciclado, a nivel internacional existe un movimiento de apegarse a estándares y normas para lograr un mejor proceso. La ISO 14001:2015 es una norma internacional que contiene los requisitos necesarios para implantar un Sistema de Gestión de Medioambiental (SGMA), proporciona a las organizaciones la posibilidad de instaurar un SGMA que demuestre un desempeño ambiental apegado a normas. El estándar aporta una vertiente verde (cuidado del medioambiente) a las organizaciones, es considerado uno de los principales sistemas a seguir. La norma ISO-14001 es certificable y se puede aplicar a cualquier organización, independientemente del

sector, que busque en su trabajo diario la de los impactos sobre el entorno y el con la legislación ambiental vigente. contexto muchos de los estándares de re- se apegan a esta norma y se han generado propuestas de colectivos o industria que de establecer un estándar en el reciclado.

En los Estados Unidos de América sobresalen estándares e-Stewards (para el reciclado y reúso electrónicos responsable) y R2 (prácti- de Reciclado Responsable), qué son propues- como certificaciones de colectivos voluntarios .org, 2020), (sustainableelectronics.org/ standard, 2020). Es importante reconocer que industria del reciclaje de productos electrónicos regulada en la mayoría de los países a nivel Hay muy pocas leyes que orienten a los sobre cómo deben manejar el reciclado productos electrónicos, incluso cómo deben a sus trabajadores y al medio ambiente. existen leyes que prohíban las exportaciones desechos electrónicos tóxicos a los países en como ya se ha mencionado.

El reciclaje de los RAEE es una industria pla- prácticas de mala calidad, que incluyen el de desechos electrónicos tóxicos al medio principalmente en países en vías de de- el envío de los RAEE a reciclar en estos práctica insegura, la incineración de dese- electrónicos o el almacenamiento y abandono productos electrónicos es una práctica normali- común el caso de que cuando un recicla- declara que se adhiere a todas las leyes estatales federales, tiene muy poco significado, ya que hay pocas leyes regulatorias. Eso hace que sea di- para los clientes saber si un reciclador está ha- lo correcto o es simplemente un reciclador "sucio" (solo obtiene el material que le interesa y lo tira en forma inadecuada). Por esta ra- las empresas mayormente responsables de esta industria desarrollaron estándares voluntarios, de forma que pudieran mostrar a sus usuarios que en forma correcta al ser certificados por auditores capacitados e independientes. El estándar e-stewards es, por mucho, el estándar más utilizado en Estados Unidos que fue desarrollado por la BAN y es el único estándar respaldado por organizaciones ambientales a nivel mundial, esta norma promueve buenas prácticas para la industria, los recicladores y los consumidores, se basa e dar seguimiento a través de auditores del proceso de reciclado de los RAEE. En comparación con R2 que es un estándar muy utilizado se reconoce que no tiene formas de manipular materiales tóxicos.

El panorama en América Latina del manejo de los RAEE se ha llevado a través de acuerdos regionales y legislaciones nacionales, siendo el Mercosur y su propuesta de gestión ambiental de residuos especiales de generación universal y responsabilidad post consumo en el año 2006, una de las iniciativas más avanzadas para los países miembros (incluye guías de buenas prácticas y manuales de reciclado). Se reconocen también legislaciones importantes en países como Argentina, Brasil y Perú, pero solo son esfuerzos locales para controlar sus RAEE. El diseñar una solución futura para la gestión de los RAEE en América Latina debe involucrar a los diferentes actores que participan en el proceso de reciclado. Se requieren soluciones que presenten planes amplios y que incluyan asociaciones público y privadas para promover planes integrales de reciclado. La gestión de los RAEE en los países en desarrollo representa un desafío, pero también ofrece oportunidades para nuevos procesos innovadores. El potencial de las soluciones regionales se encuentra de manera muy especial en el alineamiento de marcos de políticas y normas de tratamiento, en concurrir planes operacionales y en controlar los movimientos transfronterizos de componentes nuevos y de segunda mano y flujos específicos de los RAEE. Propiciar la iniciativa de una cooperación formal entre actores, y consolidarse actividades regionales en una plataforma regional para la gestión de RAEE, similar al foro RAEE que se ha establecido en Europa (Heinz Boeni, Uca Silva, Daniel Ott, 2007).



En este capítulo se presenta el escenario que contextualiza y vive México con relación a la problemática de la basura electrónica, misma que es determinante atender. El entorno se visualiza y analiza desde tres ejes esenciales que son: 1) la conciencia, 2) el reciclado, 3) la solución y prevención.

Se llevó a cabo una investigación de la cual se muestran los resultados del contexto que perciben los estudiantes, profesores y expertos de tecnología pertenecientes a las universidades encuestadas.

CAPÍTULO VII
Escenario en México de la Basura Electrónica

México con una tasa de un 7% de crecimiento anual registró un incremento de 0.2 Mt. en tres años, para el año 2030 México producirá 2.3 Mt por año, acumulando en 10 años más de 18.9 Mt., siguiendo este pronóstico para el año 2050, México producirá 9 Mt. por año y un acumulado de más de 121 Mt, lo que equivale a unas 12,200 torres Eiffel con base en la tasa poblacional de México en el año 2020, como se muestra en la Figura 7.1.

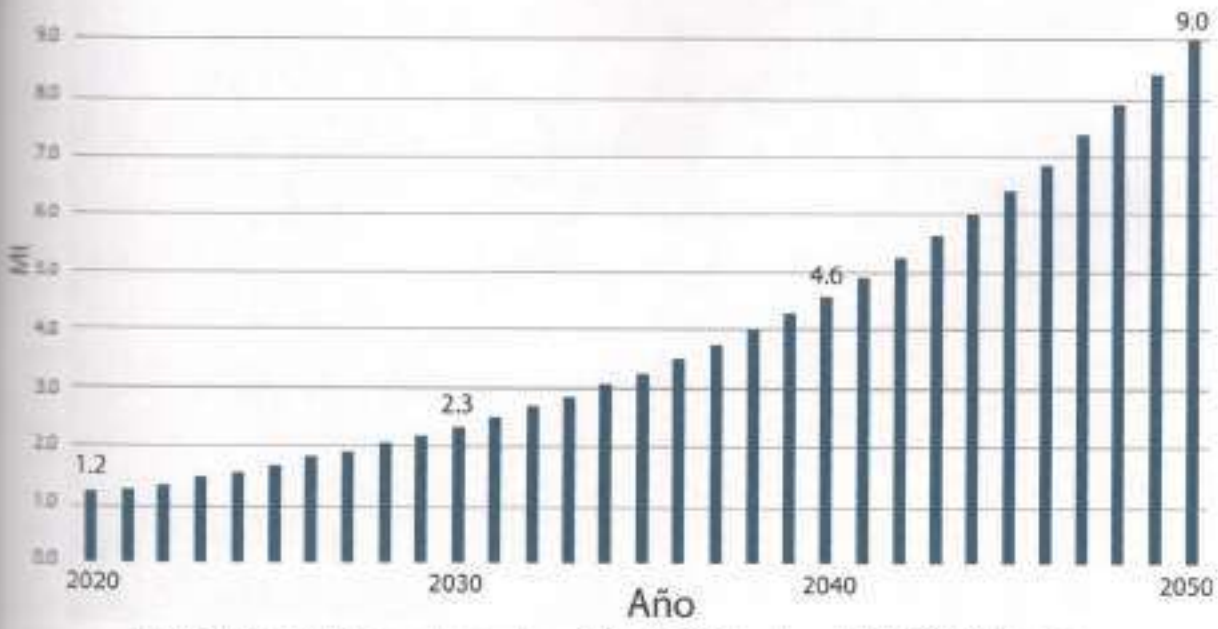


Figura 7.1. Crecimiento anual esperado en Mt hasta 2050 basado en INEGI (2019). Forti V.

En México los RAEE y la basura electrónica (E-waste) como ya se mencionó, se incrementan año con año al menos a un ritmo de 7 % anual y su adecuada disposición representa actualmente un gran reto, así como su tratamiento a futuro en el corto plazo.

De acuerdo a la investigación desarrollada por el periódico la Jornada, el problema de basura en México se debe a la falta de regulación y de un marco legal que permita un manejo sostenible de la basura electrónica en los municipios, estados y el país.

Artículo del periódico LA JORNADA 14 de octubre del 2020, Ciudad de México.

Se aprovecha solo el 15% de los residuos electrónicos: Semarnat

Angélica Enciso L. | miércoles, 14 oct 2020 14:29

La mayoría de la basura electrónica no se puede reciclar, pero sí puede ser aprovechado. Foto AFP / Archivo

"De los 1.1 millones de toneladas de residuos electrónicos que se generan al año en el país, entre los que hay pantallas, celulares y computadoras, apenas se maneja adecuadamente entre el 15 y 18 por ciento. Se prevé que la cantidad de desechos se elevará con el incremento en la venta de estos productos durante la pandemia, ya que tan sólo la adquisición de computadoras creció en 75 por ciento durante la Hot sale (la campaña de ventas en línea) de mayo. Ricardo Ortiz Conde, director de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2020) explicó que, con el aumento de la actividad de trabajo en casa, se espera que en el próximo Buen fin se eleven las compras en 58 por ciento en pantallas, 30 por ciento en consolas y 29 por ciento de celulares.

Ortiz Conde indicó que las entidades con más generación de estos desechos son ciudad de México con 10.6 por ciento, alrededor de 117 mil toneladas; Jalisco con el 7.4 por ciento, 82 mil toneladas, y Baja California el 5.3 por ciento, con 58 mil toneladas, estos estados generan el 23.3 por ciento del total. Agregó que se estima que en 2025 la ciudad de México genere 15 mil 800 toneladas de residuos electrónicos, Jalisco 15 mil 500 toneladas y Baja California a 6 mil 900 toneladas. Indicó que hay dificultad para tener la trazabilidad de los residuos

debido al tamaño del territorio nacional. Del total de residuos que se generan, 65 por ciento del 1.1 millón de toneladas, tienen potencial económico ya que cuentan con metales y plásticos que pueden aprovecharse.

Pero hay casi 6 por ciento, unas 60 mil toneladas, del total que se genera en el país que debe ser separada y manejada adecuadamente como material peligroso, porque tiene metales como mercurio, cadmio, cromo, plomo y retardantes de flama que pueden generar dioxinas y furanos (compuesto aromático en plásticos, es tóxico y puede ser cancerígeno), contaminantes orgánicos persistentes. Detalló que un 29 por ciento de los desechos electrónicos no pueden reciclarse".

Fuentehttps://www.jornada.com.mx/ultimas/sociedad/2020/10/14/se-aprovecha-solo-el-15-de-los-residuos-electronicos-semarnat-7705.html

7.1 Marco legal de la basura electrónica

De acuerdo con estudios de Tsydenova et al., (2018) y González-Abraham et al. (2015), en México existe un vacío en la implementación de los procesos de reciclado (aumentando con esto la huella ecológica), ya que no existen políticas bien definidas para la separación, el reciclaje y la prevención de los desechos electrónicos, todo ello a pesar de que existe una norma oficial mexicana (NOM-161-SEMARNAT-2011), ésta solo propone un listado de recomendaciones sobre el plan de manejo y los criterios para clasificar a los residuos (DOF, 2013) además que presenta la debilidad de ser laxa al no exigir el cumplimiento de la misma.

Por otro lado, la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (DOF, 2018), sugiere como punto medular la responsabilidad y participación de los ciudadanos en el conocimiento y percepción sobre los residuos, misma que no propone acciones hacia una población incluyente y para la que no existe garantía de socialización y seguimiento. Para contextualizar el problema en México se llevó a cabo un estudio en el año 2020, que permitió conocer la percepción de los habitantes de zonas metropolitanas del país con relación a la basura electrónica. El cual se presenta a continuación.

En México la normalización se plasma en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de carácter obligatorio, elaboradas por Dependencias del Gobierno Federal y las Normas Mexicanas (NMX) de ámbito primordialmente voluntario, promovidas por la Secretaría de Economía y el sector privado, a través de los Organismos Nacionales de Normalización. Las NOM se concentran en un catálogo manejado por el Gobierno de México y las NMX por entidades privadas.

La Secretaría de Economía participa en foros y organismos internacionales como son Codex Alimentarius, Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Organización Internacional de Normalización (ISO); con el objetivo de normalizar y regular las actividades desempeñadas por los sectores tanto privado como público, en materia de salud, medio ambiente, seguridad al usuario, información comercial, prácticas de comercio, industrial y laboral a través del cual se establecen la terminología, la clasificación, las directrices, las especificaciones, los atributos las características, los métodos de prueba o las prescripciones aplicables a un producto, proceso o servicio.

https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion

Diario Oficial de la Federación (DOF) es el Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos de carácter permanente e interés público, cuya función consiste en publicar en el territorio nacional las leyes, decretos, reglamentos, acuerdos, circulares, órdenes y demás actos expedidos por los poderes de la Federación, en sus respectivos ámbitos de competencia, a fin de que éstos sean aplicados y observados conforme a derecho. Su administración es responsabilidad de la Secretaría de Gobernación y se publica diariamente a través del sitio web: https://www.dof.gob.mx/index.php.

https://www.dof.gob.mx/historia.php

7.2 Caso de estudio en México

Con la finalidad de conocer el contexto en México se realizó un estudio para obtener un diagnóstico situacional de la percepción que tienen los universitarios sobre la reducción, reúso y reciclado (RRR) de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el país, a través de una encuesta proactiva y responsable, para divulgar lo que implica la basura electrónica en el medio ambiente, misma que se ha convertido en un desafío para la salud humana. El resultado de las encuestas son provenientes de los(as) ciudadanos de Guadalajara y Morelia, ciudades seleccionados debido a que en ellas se encuentran las Universidades que promueven este estudio; entre las cuales se pueden mencionar a la Universidad de Guadalajara (UdeG), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Tecnológica de Morelia (UTM), Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Morelia y el Hospital Pediátrico del Instituto Mexicano del Seguro Social entre otras.

El área metropolitana de Guadalajara para el año 2020 contaba con 7 millones de habitantes (Mhab), y el área metropolitana de la ciudad de Morelia con 1 Mhab. Ambas se consideran zonas de crecimiento (arriba de la media nacional) en la adquisición de nuevas tecnologías, que son parte de la zona centro-occidente del país. Asimismo, albergan una gran cantidad de clústers de tecnología por lo que se le ha llegado a denominar como la zona del valle del silicio mexicano, generando así más de ocho kilos de basura electrónica per cápita (Step, 2020).

Se denomina "el Silicon Valley mexicano" a Guadalajara, la capital del estado de Jalisco y la segunda ciudad con mayor población en México, por constituir el clúster tecnológico más importante del país, de reconocimiento a nivel mundial gracias al desarrollo de la industria de software.

El Silicon Valley mexicano tiene 15 grandes corporativos, principalmente de origen estadounidense, trabajando desde hace más de 10 años allí. Además, se encuentran más de 600 pequeñas y medianas empresas —muchas de ellas startups— que exportan el 70% de los materiales y contenidos que producen. Firmas como Oracle, HP, Motorola e IBM han hecho de Jalisco su segunda casa. El Gobierno asegura que las compañías están interesadas tanto en el talento local como en la infraestructura que ya existe en la ciudad de Guadalajara y los municipios de los estados más cercanos. "El crecimiento que tenemos ahora, no es a costa del empleo en Estados Unidos", advierte el secretario de Innovación en Ciencia y Tecnología, (Jaime Reyes Reyes, 2017 y otros funcionarios) ya emprendieron la búsqueda de candidatos para continuar la expansión del nodo de la tecnología de México.

La ciudad de Guadalajara ha concentrado a la mayoría de las empresas tecnológicas. Sus habitantes han visto en la última década el crecimiento de la infraestructura para albergar a estas compañías, así como la instalación de la fibra óptica para mejorar el acceso a Internet. Las inversiones que han expandido al sector llegan desde Estados Unidos y han aprovechado el aumento de graduados en ciencias y tecnológicas. Un ingeniero mexicano puede ganar unos 6.000 dólares al mes y vivir holgadamente en una región donde el coste de la vida es menor al de la Ciudad de México.

Fuente:https://elpais.com/tecnologia/2017/03/12/actualidad/1489275848_767120.html

En las siguientes secciones se muestran los resultados y hallazgos del análisis de la encuesta aplicada para el estudio, la cual permitió identificar los hábitos de los consumidores y la responsabilidad de los involucrados en la generación, recolección y disposición de la basura electrónica. Los pasos que se siguieron para el análisis del estudio se muestran en la Figura 7.2.

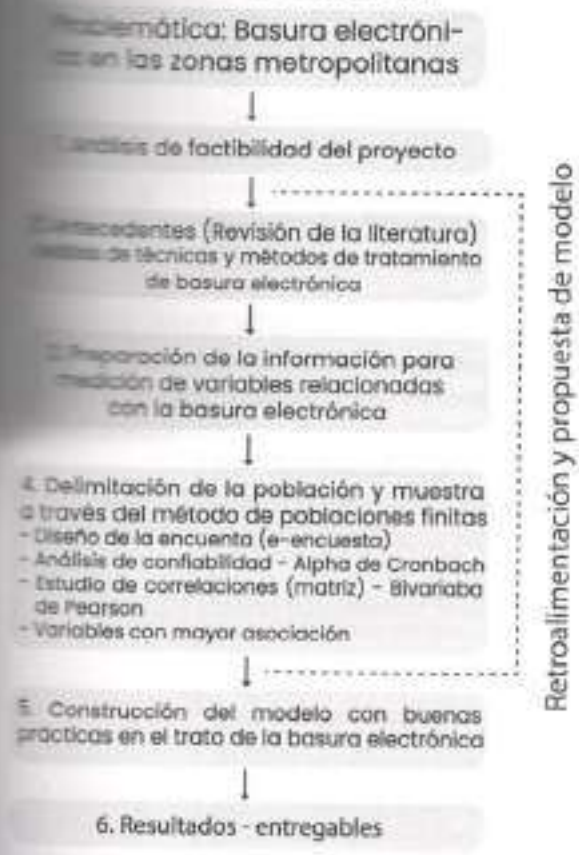


Figura 7.2. Pasos para el análisis del estudio.

7.2.1 *Tipo y muestra del estudio*

El estudio se caracteriza por ser de tipo: 1) exploratorio, 2) transeccional, 3) descriptivo y 4) correlacional (Hernández, 2010), como se muestra en la tabla 7.1.

Tabla 7.1
Tipos de estudios utilizados en la investigación

Tipo de estudio	Descripción
Exploratorio	Cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes
Transeccional	Recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede.
Descriptivo	Buscan especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren. Esto es, su objetivo no es como se relacionan éstas.
Correlacional	Este tipo de estudios tienen como propósito medir el grado de relación que exista entre dos o más conceptos o variables, miden cada una de ellas y después, cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba.

Los participantes de la encuesta contaban con el perfil de estudiantes de licenciatura, profesores, investigadores y administrativos de las áreas de TI de las siguientes Universidades:

- Universidad de Guadalajara - UdeG (200 personas)
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente – ITESO (100 personas)
- Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM campus Morelia (200 personas)
- Tecnológico Nacional de México campus Morelia - TecNM (300 personas)
- Universidad Tecnológica de Morelia - UTM (200 personas)
- Universidad de Morelia - UdeMorelia (100 personas)

7.2.2 Diseño de la encuesta

Para conocer el punto de vista de los participantes, se elaboró una encuesta, que tuvo como título: "Encuesta sobre basura electrónica en ciudades de México" con el objetivo: "Conocer la percepción que se tiene en la salud humana, la generación de basura electrónica en zonas urbanas, para prevenir y solucionar el problema en México". Se revisaron metodologías y estrategias relacionadas con los campos de la salud humana en el tema de residuos electrónicos.

La encuesta contó con un total de 21 preguntas a partir de una revisión de la literatura relacionada con los RAEE y que fueron validadas por expertos en el tema y en el diseño instrumentos de recopilación de información; todos ellos pertenecientes a empresas recicladoras e investigadores pares de diferentes Universidades en México.

Su medición se llevó a cabo a través de:

a. Respuestas con diferentes opciones,
b. Respuestas dicotómicas y
c. Respuestas con escala de Likert.

Likert: están formadas por un conjunto de preguntas referentes a actitudes, cada una de ellas de igual valor. Los encuestados responden indicando de acuerdo o en desacuerdo. Se establecen generalmente cinco rangos, pero pueden ser tres, siete, o más. El encuestado señala con una cruz o un círculo la categoría elegida.

A la Escala de Likert también se le llama escala aditiva, ya que cada encuestado obtiene como puntuación global la suma de los rangos otorgados a cada elemento.

Existen tres formas de estas escalas: 1) Descriptivas: muy de acuerdo, de acuerdo, indiferente, en desacuerdo, muy en desacuerdo. 2) Numéricas: 1 2 3 4 5 y 3) Gráficas (Escalas).

Dicotómicas están conformadas por un grupo de variables nominales opuestas como por ejemplo el sexo y si/no, presente/no presente, falso/verdadero; entre otras opciones.
(Hernández, 2010)

Para un mejor entendimiento de los ítems de la encuesta se dividió en tres ejes temáticos, los cuales fueron:

- Eje 1. Conciencia sobre los RAEE, que permitió conocer la percepción de los encuestados a través de las preguntas generadas de la I a la X.
- Eje 2. Reciclado de los RAEE a través de las preguntas XI, XII, XIII, XIV y XV.
- Eje 3. Solución y prevención en la salud humana a través de las preguntas de la XVI a la XXI.

Los ítems se muestran en la tabla 7.2.

Tabla 7.2
Encuesta del estudio

Eje	Preguntas	Pregunta Tipo
1. Conciencia	I. E-mail, II. Ocupación, III Edad	Opciones
	IV. El número de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) que utilizas de forma cotidiana	Likert
	V. El número de RAEE que dejas de utilizas al año son:	Likert
	VI. La percepción que tienes acerca de los RAEE y que se convierten en "veneno" para la salud humana, es:	Likert
	VII. Identificas algunos de los componentes "venenosos" que contienen los RAEE que generas	Dicotómica

	VIII. Consideras que el riesgo de contraer enfermedades como: ansiedad, hipersensibilidad, neurosis, depresión, estrés, entre otras. Es por el contacto con los residuos de:	Likert
	IX. ¿Sabías que algunos los componentes de RAEE como: a) Las baterías y/o acumuladores. b) Los circuitos electrónicos, c) Los monitores y tubos fluorescentes. d) Las células solares, e) Los cables y semiconductores	Dicotómica
	X. El riesgo de contraer enfermedades en tu familia y amistades por la generación de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE) que se convierten en basura electrónica, es:	Likert
2. Reciclado	XI. Los kilos de RAEE (cepillos de dientes eléctricos, secadores de pelo, equipos móviles, lavadoras, teléfonos, electrodomésticos) que generas en promedio al año son:	Likert
	XII. De las siguientes empresas recicladoras de basura electrónica, elige las que conozcas: a) Ekorecicla, b) MGREO, c) REMSA, d) TECHEMET, e) Ninguna, f) Otra	Opciones
	XIII. El manejo que le das a la basura electrónica que desechas, es: a) Lo guardo en caja, b) Lo tiro a la basura, c) La regalo, d) La vendo, e) La llevo a reciclar, f) Otro.	Opciones
	XIV. Conoces en qué lugar termina la basura electrónica que desechas:	Likert
	XV. Elige los tipos de basura electrónica que generas: a) Electrodomésticos, b) Computadoras personales, c) Dispositivos móviles y gadgets (usb, relojes, lentes, entre otros), d) Monitores y/o televisores, e) Baterías, f) Cables, adaptadores, cargadores, entre otros.	Opciones
3. Solución y prevención	XVI. Las formas de reciclado de la basura electrónica que existen en tu región, comunidad o población, es por medio de: a) Eventos de reciclaje, b) Plantas recicladoras, c) Programas de gobierno, d) Actividades de Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), e) Empresas de tecnología, f) Otros.	Opciones
	XVII. De los siguientes incisos indica el nivel de responsabilidad (del 0 al 100 %) que tiene cada elemento en forma independiente, para la solución y prevención de la basura electrónica; a) Gobierno, b) Empresas proveedoras de tecnología, c) usuarios -generadores de basura, d) Obsolescencia programada, e) Software obsoleto, f) Moda – influencia de los medios.	Escala - Likert
	XVIII. El periodo en el que reciclas tu basura electrónica es:	Likert
	XIX. Para prevenir problemas de salud a causa de la contaminación por basura electrónica, señala el nivel de importancia en porcentaje (0 al 100 %): a) Implementar programas de salud, b) Incluir el tema en los programas educativos, c) Organismos públicos y privados certificados, d) Promover la disposición adecuada de los RAEE, e) Crear más empresas recicladoras.	Escala - Likert
	XX. El prevenir a tu familia sobre los riesgos de contraer enfermedades por no existir lugares adecuados para reciclar la basura electrónica, generada en las ciudades de México, es:	Escala - Likert
	XXI. Conoces alguna persona que fue diagnosticada con alguna enfermedad asociada al contacto o presencia de basura electrónica.	Dicotómica

7.2.3 Aplicación de la encuesta

La encuesta se creó a través de la plataforma e-encuesta® y se distribuyó por correo electrónico y redes sociales a personas seleccionadas al azar, afiliadas a las universidades antes mencionadas. En primer lugar, la muestra se calculó por medio del método de poblaciones finitas, tomando como base a 1100

personas. Teniendo un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 5%, como se muestra en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3
Datos para determinar la muestra

Valores de referencia	Resultados
n (muestra) =	285*
nivel de confianza	95.00%
valor de Z	1.96
p=	50.00%
q=	50.00%
e=	5.00%
N (población) =	1,100

*Número de encuestas válidas, eliminando repeticiones y respuestas nulas

7.2.4 Análisis de los datos

Con la información obtenida de la encuesta se generaron los análisis cuantitativos y cualitativos para cada una de las respuestas, donde se procedió a realizar el estudio de confiabilidad, aplicando el método de Alpha de Cronbach, dando como resultado .765 y demostrando que la información obtenida de cada uno de los items es consistente.

El coeficiente Alfa de Cronbach es un modelo de consistencia interna, basado en el promedio de las correlaciones entre los ítems. Entre las ventajas de esta medida se encuentra la posibilidad de evaluar cuánto mejoraría (o empeoraría) la fiabilidad de la prueba si se excluyera un determinado ítem. El procedimiento consiste en: analizar, determinar la escala de los ítems, obtener la correlación de las variables a través de la varianza y aplicar el análisis de fiabilidad.

El resultado del coeficiente debe ser cercano a .8, lo que se considera que es un valor aceptable, debido a que la varianza de las respuestas no es tan dispar (.2 de diferencia). Es posible calcularla con algunas herramientas de software, como SPSS de IBM.
https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0801B.pdf

Con base en la consistencia de la encuesta se procedió a analizar las variables de cada una de las preguntas a través del estudio de correlaciones utilizando la vibariada de Pearson y seleccionando solamente las correlaciones altas y muy altas obtenidas (Kothari, 2014).

El coeficiente de Karl Pearson de correlación (o correlación simple, r) es el método más utilizado para medir el grado de relación entre dos variables (el grado de afinidad se mide mediante r2). Este coeficiente supone lo siguiente:

> que no hay relación lineal entre las dos variables; 2) que las dos variables son casualmente relacionadas lo que significa que una de las variables es independiente y la otra es dependiente; y que 3) un gran número de causas independientes están operando en ambas variables a fin de producir una distribución normal.

El análisis de las correlaciones para determinar la afinidad de las variables censadas, se realiza mediante una matriz para r2.

El valor de r se encuentra entre ± 1. Los valores positivos de r indican correlación positiva entre las dos variables (es decir, los cambios en ambas variables tienen lugar en la dirección declaración), mientras que los valores negativos de la r indican correlación negativa, es decir, los cambios en las dos variables que tienen lugar en las direcciones opuestas. Un valor cero de la r indica que no hay asociación entre las dos variables. Cuando r = (+) 1, indica una correlación positiva perfecta y cuando es (-) 1, indica perfecta correlación negativa, es decir,

> que las variables independientes (X) son altamente correlacionadas. Los valores aceptables de r2 deben de ser mayores a .5 (arriba de la mitad de la correlación).

(Kothari, 2014)

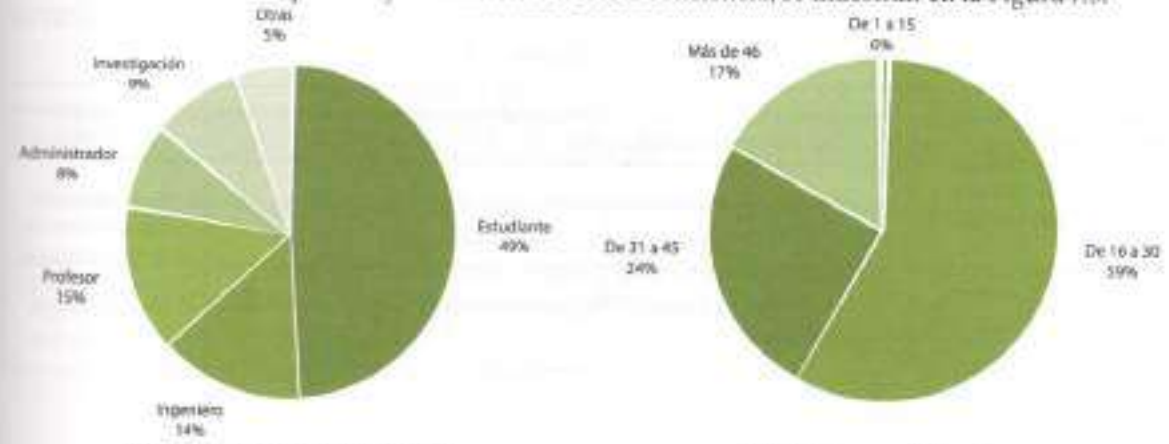
El resultado del estudio de correlaciones se muestra en la tabla 7.4, la cual muestra las preguntas (P) que tienen correlaciones más altas.

Tabla 7.4
Obtención de correlaciones altas y muy altas

Correlaciones de las respuestas		P. X Riesgo enfermedades en la familia	P. XVII Nivel de responsabilidad				P. XIX Prevención por:	
			b) Empresas	c) Usuarios	e) Software no actualizable	f) Moda -influencia de los medios	b) Incluir el tema en los programas educativos	c) Organismos públicos y privados certificados
P. VIII Consideras riesgo de contraer enfermedades		0.998						
P. XVII Nivel de responsabilidad	a) Gobierno		0.636					
	b) Empresas proveedoras		1	0.632				
	c) Usuarios generadores			1				
	d) Obsolescencia programada				0.616	0.589		
P. XIX Prevenir problemas de salud a causa de la contaminación por basura electrónica	a) Implementar programas de salud						0.753	0.675
	b) Incluir el tema en los programas educativos						1	0.777

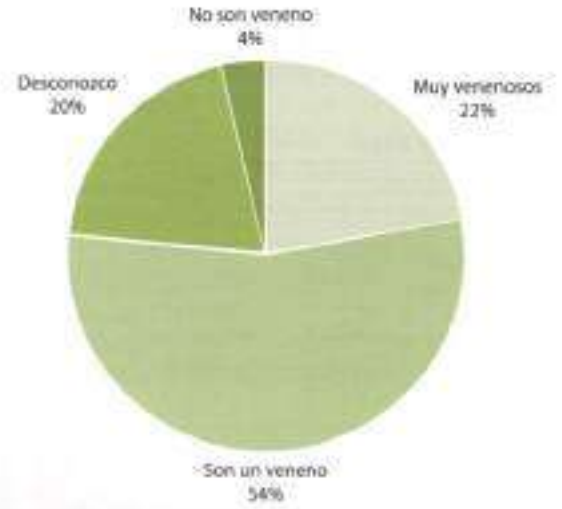
7.2.5 *Resultados de la encuesta*

Los resultados obtenidos para el eje 1 relacionado con la conciencia, se muestran en la Figura 7.3.

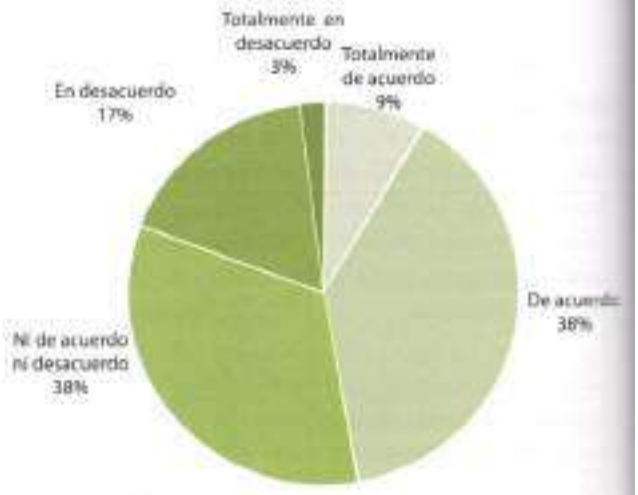


a) Ocupación de los encuestados

b) Edad por rando de años



c) Considera que los RAEE son un veneno



d) Percepción de riesgos para la salud

Fig. 7.3. Resultados para las preguntas a) II, b) III, c) VI y d) X, para 285 respuestas.

En la tabla 7.5 se muestran los resultados del análisis del eje 1 relacionado con la conciencia, y de qué forma directa a través de las preguntas se propicia el autoanálisis con respecto al tema, para cada pregunta se ordenan las respuestas de mayor a menor porcentaje, colocando en negrita el porcentaje con mayor valor. Y en el caso de las preguntas dicotómicas se coloca en negrita el porcentaje mayor de la respuesta (Si/No).

Tabla 7.5
Eje 1 conciencia, preguntas II-X.

Preguntas	Resultados
II. Ocupación	Estudiar 49%, docencia 15%, ingeniería 14%, investigar 9%, administración 8%, otro 6%
III. Edad	De 16 a 30 años 59%, 31 a 45 años 24%, más de 46 años 17% y de 1 a 15 años 0%
IV. Número de aparatos que utilizas normalmente	De 1-3 aparatos 69%, 4-6 aparatos 25%, más de 6 aparatos 6%
V. Número de aparatos que dejas de utilizar/año	De 1 a 3 aparatos 60%, ninguno 35%, más de 4 aparatos 5%
VI. Percepción de "veneno" de los RAEE	Son venenosos para la salud 54%, son totalmente venenosos para la salud 22%, no lo sé 20%, no son un veneno para la salud 4%
VII. Identificas componentes venenosos en los RAEE	Los conozco 56%, los desconozco 22%, no lo sé 15%, totalmente los conozco 5%, totalmente los desconozco 1%
VIII. Riesgo de enfermedades por contacto con los RAEE	De acuerdo 38%, indiferente 33%, en desacuerdo 17%, totalmente de acuerdo 9%, totalmente en desacuerdo 2%

IX. ¿Sabías que? algunos componentes de los RAEE son venenosos para la salud humana	a) Las baterías y/o acumuladores		b) Los circuitos electrónicos		c) Las TV, LED y focos		d) Las celdas solares y semiconductores		e) Los cables y otros plásticos	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	88%	12%	58%	42%	75%	25%	37%	63%	42%	58%
X. Riesgo en la familia por los RAEE	Es probable 47%, no lo sé 22%, muy probable 17%, poco probable 13%, nada probable 1%									

En la tabla 7.6 se muestran los resultados del eje temático 2 relacionado con el reciclado, para cada pregunta se ordenan las respuestas de mayor a menor porcentaje, colocando en negrita el porcentaje con mayor valor. Y en el caso de las preguntas de opciones, el porcentaje representa la opción seleccionada por cada encuestado.

Tabla 7.6
Eje 2 reciclado, preguntas XI-XV.

Pregunta	Resultados					
XI. Los kilos de RAEE que generas al año	De 0 a 1 kilo 47%, de 1 a 2 kilos 30%, de 6 a 10 kilos 14%, de 3 a 5 kilos 5%, más de 10 kilos 4%					
XII. Empresas recicladoras de basura electrónica, que conoces en tu región	Ninguna 76%, empresa REMSA 13%, empresa TECHEMET 5%, empresa EKORECICLA 4%, otras empresas 2%, empresa MGREO 1%					
XIII. El manejo que le das a la basura electrónica que desechas	La guardo en caja el 45%, lo tiro a la basura 25%, la regalo 20%, la vendo 12%, la llevo a reciclar 27%, otros 4% (Contenedores aislados, lugares de reuso, mi empresa, recolector de chatarra, utilizo partes, lo reparo)					
XIV. ¿Conoces el lugar donde termina la basura electrónica que desechas?	Desconozco a donde va 51%, he escuchado a donde va 24%, totalmente desconozco a donde va 12%, conozco a donde va 7%, totalmente conozco a donde va 7%					
XV. Elige los tipos de basura electrónica que generas	Cables, cargadores, otros	Baterías	Móviles, gadgets	Electro-domésticos	Computadoras personales	Monitores, televisores
	72%	72%	64%	37%	30%	20%

En la tabla 7.7 se muestran los resultados del eje temático 3 relacionado con la solución y prevención, para cada pregunta se ordenan las respuestas de mayor a menor porcentaje, colocando en negrita el porcentaje con mayor valor. Y en el caso de las preguntas de escalas de mayor importancia (100, 80, 60), donde se utiliza el nivel de responsabilidad (r), el nivel de importancia (i) y el porcentaje de cada una de las escalas representadas.

Tabla 7.7
Eje 3 solución y prevención, preguntas XVI-XXI.

Preguntas	Resultados					
XVI. Las formas de reciclado de la basura electrónica que existen en tu región, comunidad o población	a) Eventos reciclaje 50%	b) Planta reciclado 18%	c) Programas gobierno 27%	d) Actividad de ONGs 16%	e) Empresa tecnología 18%	f) Otros: 7% - Empresas de materiales peligrosos - Norma ISO 22000 - Acopio permanente en empresa - Institución educativa

XVII. El nivel de responsabilidad (r) por actor y el porcentaje (%) de las respuestas	a) Gobierno r: 100 80 60	b) Empresas proveedoras tecnología r: 100 80 60	c) Usuarios generadores de basura r: 100 80 60	d) Obsolescencia programada r: 100 80 60	e) Software que no se actualiza r: 100 80 60	f) Moda; influencia de los medios r: 100 80 60
	%: 28 20 18	%: 35 24 14	%: 38 17 14	%: 36 16 20	%: 17 15 21	%: 27 19 18
XVIII. Periodo en el que recicla la basura electrónica	Una vez al año 27%, cada vez que se acumula la basura electrónica 24%, más de un año 15%, cada vez que escucho de un evento de reciclado 19%, nunca 16%					
XIX. Prevenir problemas de salud, por basura electrónica, importancia (i), porcentaje (%) de las respuestas	a) Implementar programas de salud	b) Incluir el tema en los programas educativos	c) Organismos públicos y privados certificados	d) Promover la disposición adecuada de los RAEE	e) Crear más empresas recicladoras	
	i: 100 80 60	i: 100 80 60	i: 100 80 60	i: 100 80 60	i: 100 80 60	
	%: 29 19 15	%: 32 25 11	%: 24 25 15	%: 30 24 13	%: 53 17 12	
XX. El prevenir a tu familia sobre los riesgos de contraer enfermedades	Muy importante 74% Importante 22% Indiferente 3% Nada importante 0%					
XXI. Conoces alguna persona que fue diagnosticada con alguna enfermedad asociada al RAEE	No 99%. Si 1%: Indica en donde: Culiacán, Sinaloa Estado de México Morelia, Michoacán Tula, Hidalgo					

Para la pregunta XVII, la Figura 7.4 muestra los resultados en orden de importancia que tienen los sectores involucrados (consumidores, hardware, proveedores de tecnología, medios de comunicación, gobierno, software que no se actualiza) para reducir, reciclar y reutilizar (RRR) los RAEE en las áreas urbanas de México.

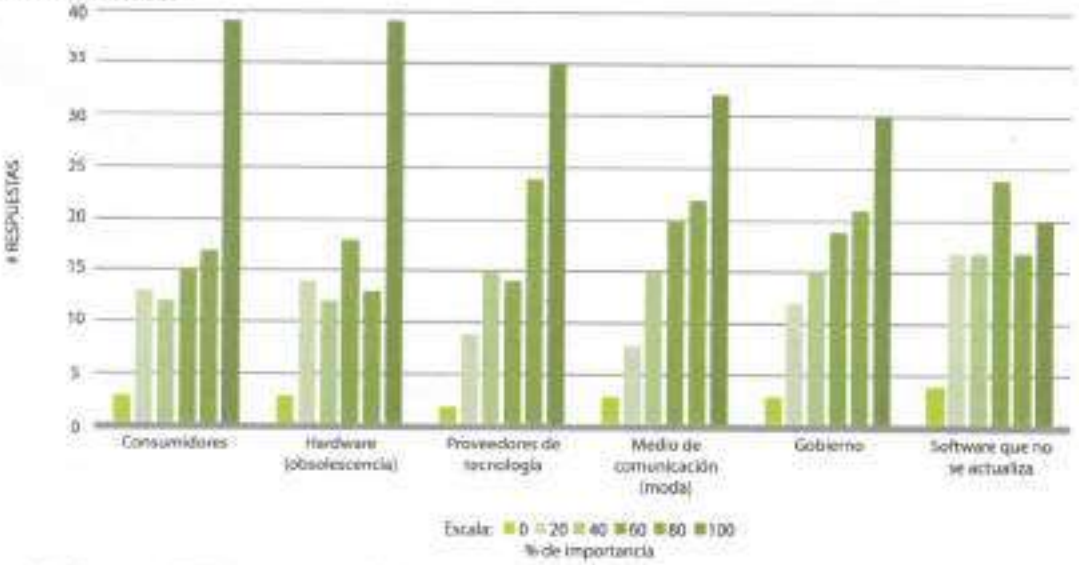


Figura 7.4. Pregunta XVII importancia de la participación de los diferentes sectores involucrados en el proceso de reciclaje de los RAEE.

Para medir la importancia por cada uno de los ejes se obtuvo la sumatoria de los promedios de multiplicar el nivel de respuesta (Resp) por el porcentaje de la escala de Likert. Las fórmulas aplicadas fueron (1), (2) y (3), para n=285, en donde el %Likert se utilizó para cada ítem de acuerdo con Likert6 (16.66%), likert5 (20%), likert4 (25%) y Likert3 (33%).

$$Conciencia = \frac{\sum Resp(II,III,IV,V,VI,VII,VIII,X)*\%Likert}{n} \quad (1)$$

$$Reciclado = \frac{\sum Resp(XI,XIV)*\%Likert}{n} \quad (2)$$

$$Soluciónyprevención = \sum Resp \quad (3)$$

En la tabla 7.8 se muestran los resultados obtenidos de la aplicación las formulas anteriores, donde se representan en negrita la opción con mayor conciencia, reciclado y solución - prevención por ocupación y edad.

Tabla 7.8
Nivel de importancia por eje ocupación y edad.

		Conciencia	Reciclado	Solución y prevención
Ocupación	Administración	55%	73%	56%
	Docencia	62%	80%	57%
	Estudiar	58%	81%	55%
	Ingeniería	59%	83%	64%
	Investigación	56%	92%	61%
	Otros	57%	91%	59%
Edad (años)	De 1 a 15	50%	83%	39%
	De 16 a 30	57%	83%	57%
	De 31 a 45	58%	80%	61%
	Más de 46	64%	84%	56%

Los resultados sobre el comportamiento de los usuarios encuestados sobre los diferentes ejes temáticos (conciencia, reciclado, prevención y solución) se describen a continuación.

Eje 1: Conciencia (Conocimiento responsable y personal de una cosa determinada, como un deber o una situación. "Conciencia cívica").

La conciencia se correlaciona con un comportamiento más responsable del consumidor en términos de eliminación de desechos electrónicos y esto fue estudiado en países como Estados Unidos, de acuerdo a la tabla 7.8 -anterior-, los resultados de la encuesta muestran una gran similitud ya que el nivel de conciencia es mayor en las personas dedicadas a la docencia, seguido de los ingenieros, investigadores y estudiantes; lo que demostró que a mayor nivel de educación se tiene mayor conocimiento y percepción del tema de la basura electrónica.

En la misma tabla se observa que a mayor edad existe un mayor nivel de conciencia; los de 46 años o más fueron los más consientes, seguidos del rango de 31 a 45 años y los menos consientes son los menores a 30 años; en este grupo se encuentra la mayoría de los estudiantes.

Con relación a los hábitos relacionados con el uso de la tecnología, la tabla 4 muestra que el 60% produjo basura electrónica de 1 a 3 aparatos al año y el 40% restante produjeron más de 4 aparatos, este comportamiento se observa en personas que están más orientadas hacia el uso de las TI.

Con respecto a la salud humana se observa un consenso, ya que el 54% considera que el no reciclar es peligroso y el 46% restante muestra un desconocimiento del impacto que esto conlleva. Finalmente el 47% considera que los RAEE pueden convertirse en un riesgo para la salud humana, el 33% lo considera indiferente y el 24% totalmente en desacuerdo.

Eje 2: Reciclado

En este eje, el estudio arrojó una tendencia clara hacia el almacenamiento de desechos electrónicos, debido a la falta de conocimiento entre los consumidores sobre las opciones que tienen para la disposición adecuada de los RAEE, así como el

desconocimiento de la ubicación de las instalaciones de empresas de reciclado. Este comportamiento lo menciona Estrada-Ayub y Kahhat, (2014).

Con relación al reciclado en la tabla 7.8 se muestra un nivel de responsabilidad mayor en los investigadores, seguido de los ingenieros, estudiantes, docentes y administrativos, en lo que respecta a las edades se observa que el grupo mayor a 46 años es más responsable, seguido del grupo de menores de 30 y del grupo de 31 a 45. De acuerdo con lo anterior en la tabla 4 se muestran los hábitos de generación de basura electrónica, en donde el 47% menciona que dejo de usar 1 kg de RAEE al año, el 30% 2 kg y el 13% restante más de 3 kg, sin contar los electrodomésticos y otras tecnologías utilizadas por proveedores de servicios de telecomunicaciones.

Además en la tabla 7.5 se observa que el 76% mencionó que no conocen empresas recicladoras en su región y el 24% restante dice conocer alguna empresa, confirmando con esto la falta de difusión y vinculación entre los actores que manejan los RAEE. Esta afirmación se basa en que el 45% menciona que sus RAEE generados son guardados en una caja, el 25% lo tira a la basura sin separar, el 20% lo regala, el 12% lo vende y el resto 8% desconoce en donde quedan. Y con relación al lugar donde termina su basura electrónica se observó que el 63% lo desconoce totalmente y el 37% restante menciona conocer el lugar donde termina.

Finalmente con relación al tipo de desechos se observó que el 72% menciona que la basura que más generan son cables, adaptadores, baterías entre otros y el 38% restante genera equipos móviles, gadgets, PC's, TV's y electrodomésticos.

Eje 3: Solución y prevención

De acuerdo con la tabla 7.8 se observa que los ingenieros son los que tiene una mayor percepción, siguiendo los investigadores, docentes, administrativos y estudiantes. En el rango de edades el grupo de 31 a 45 años tienen mayor percepción sobre este eje, siguiendo en ese orden los de 16 a 30 años y por último los mayores de 46 años; por lo que no es concluyente la correlación de la edad con el nivel de estudios.

En este mismo contexto en la tabla 7.4 se observó que el 27% de los encuestados ha escuchado sobre formas de reciclado por el gobierno, otro 16% por actividades de ONGs y 18% restante por empresas generadoras de tecnología.

Así mismo el 38% considera que la responsabilidad es totalmente a los usuarios, otro 36% se debe totalmente a la obsolescencia programada, otro 35% considera que las empresas proveedoras son totalmente responsables, otro 28% considera que el gobierno tiene totalmente la responsabilidad y finalmente el 27% que es la moda, la responsabilidad esta compartida entre estos actores.

Adicional a la falta de responsabilidad y conciencia generalizada, en lo que se refiere a la prevención existe poca participación de las empresas que generan tecnología y se reconoce que esto influye de manera determinante en una solución sustentable para ciudades en México (Cruz-Sotelo, 2017).

En este contexto de acuerdo con la tabla 6 y con base a la percepción de los encuestados, el prevenir problemas de salud por basura electrónica, los resultados por orden de importancia fue: 1) crear empresas recicladoras, 2) promover la disposición adecuada de los RAEE, 3) incluir el tema en programas educativos, 4) implementar programas de salud y 5) a través de organismos públicos y privados certificados.

Esto es acorde con lo que menciona (Ramzan et al. 2019; StEP Initiative, 2016; de Souza et al., 2016; Rajarao et al. 2014), donde la solución y prevención requiere de un enfoque y acción multiperceptual que combine la evaluación del ciclo de vida de los RAEE con evaluaciones cuantitativas sugeridas por los expertos.

Finalmente se proponen diferentes actividades necesarias por cada eje de acuerdo a los resultados obtenidos (ver Figura 7.5):

Conciencia; a) promover programas y actividades de gobierno entre los usuarios de tecnología que ayuden a completar el ciclo RRR, b) evitar entre los usuarios el cambiar equipo de tecnología

para mantenerse a la moda, c) promover que las empresas proveedoras de tecnología mantengan el software actualizado en los equipos por más tiempo, evitando que queden "fuera de catálogo" y d) incluir en planes y programas de estudio el tema del impacto en la salud por los RAEE.

Reciclado; a) incentivar la participación de las compañías que proveen tecnología mediante programas de bonos, para hacerlas responsables de recuperar los RAEE, b) divulgar que tipos de componentes de los RAEE son venenosos y afectan a la salud humana.

Solución y prevención; a) disminuir el consumismo para evitar la obsolescencia programada del hardware, b) mediante la difusión del ciclo RRR evitar que los RAEE se conviertan en basura electrónica y c) implementar programas de gobierno, salud y educación familiar para prevenir los riesgos de contraer enfermedades.

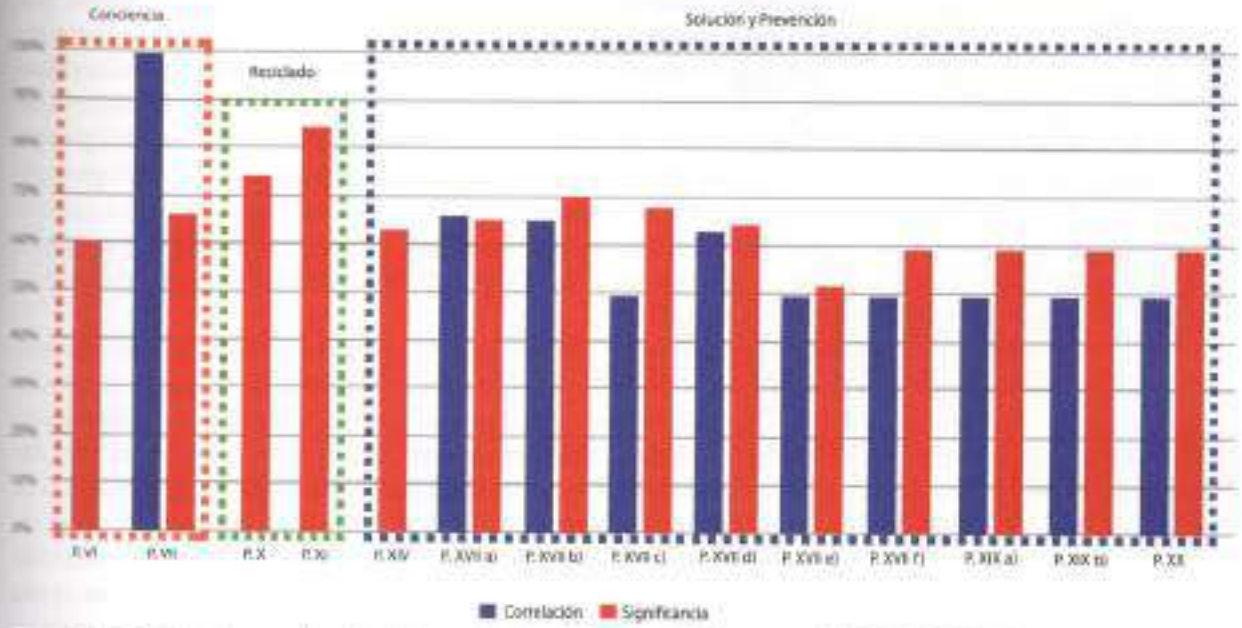


Figura 7.5. Correlaciones y el grado de importancia. VI Percepción de veneno de los RAEE.VII Prevención riesgo de enfermedades, X Riesgo de enfermedades, XI kg RAEE que genera, XIV En qué lugar termina. XVII a) Responsabilidad gobierno, XVII b) Responsabilidad empresas proveedoras, XVII c) Responsabilidad usuarios generadores, XVII d) Responsabilidad obsolescencia programada. XVII e) Responsabilidad software que no se actualiza, XVII f) Responsabilidad moda, XIX Prevenir a) Implementar programas gobierno, XIX Prevenir b) Programas educativos, XX Prevenir en la familia los riesgos de contraer enfermedades por RAEE.

7.2.6 Hallazgos en el estudio

Este estudio muestra que el contar con conocimientos relacionados con las TIC's no tiene una correlación directa con los hábitos de reciclado, se encontró que la percepción y conocimiento (conciencia) sobre el manejo de la basura electrónica lo asimilan más las personas con estudios de nivel superior; a mayor edad existe un mayor nivel de conciencia y preocupación por la posibilidad de adquirir enfermedades generadas por los desechos electrónicos y que afecta tanto a enterados o con desconocimiento del problema.

De acuerdo con los encuestados la basura electrónica es procesada de la misma manera que la basura normal, no existe una separación adecuada

entre los consumidores de las TI, por lo que es necesario que el gobierno y las empresas proveedoras de tecnología trabajen en conjunto para incentivar la creación de políticas e infraestructura que ayuden a divulgar el problema en las ciudades de México. Se reitera que los hábitos más comunes para la eliminación de sus RAEE son: a) guardarlo en caja, b) tirarlo a la basura, c) regalarlo, d) venderlo y e) desconocen en donde quedan. De la misma forma lo que más se genera son: 1) adaptadores, 2) baterías, 3) equipos de tecnología personales, mismos que suman aproximadamente entre dos y cuatro kilos per cápita con una tasa de crecimiento anual del 7%, sin contar los electrodomésticos y otros. Lo anterior se debe a que en la sociedad no existe una cultura preventiva ni emergente para ello, por lo que las personas no conocen empresas recicladoras en su región ni formas adecuadas de eliminación.

Con relación a la solución y prevención, el desconocimiento y la falta de responsabilidad del consumidor sobre los productos que se desechan, hacen que los hábitos de reciclado no sean los más adecuados; de acuerdo con la encuesta se observa que los programas de gobierno no se implementan con base en la NOM y no hay contenidos afines a los programas de educación en los niveles básico, medio y superior. Los sectores involucrados en el manejo de los RAEE que tienen mayor importancia para los encuestados son: 1) consumidores, 2) hardware, 3) proveedores de tecnología, 4) medios de comunicación (moda), 5) gobierno y 6) software que no se actualiza. Por lo que existe la necesidad de incentivar a los consumidores y a los responsables de políticas públicas que mejoren los mecanismos actuales en el proceso de reciclaje; lo que aumentaría la conciencia y la motivación para mejorar sus hábitos.

De los ejes analizados (conciencia, reciclado, solución y prevención) se deduce la necesidad de promover modelos sustentables en el reciclado y prevención de la generación de basura electrónica, aumentando la cultura en temas ambientales en las ciudades de México. Como existe un vacío en la implementación de la NOM, es necesario definir políticas para la separación, el reciclaje y la prevención de los desechos electrónicos, la ley asociada ofrece recomendaciones sobre el plan de manejo y los criterios para clasificar a los residuos, debe de exigirse su cumplimiento estricto. Por lo que es prioritario que los sectores involucrados se responsabilicen sobre el conocimiento y utilización de las leyes vigentes.

Se observa que es necesario generar más encuestas, entrevistas y grupos colaborativos, que ayuden a mejorar hábitos de reciclado entre los diferentes sectores de la población involucrados, estableciendo las bases de una agenda nacional en el corto (conciencia), mediano (reciclado) y largo plazo (prevención) en la solución del manejo de los residuos electrónicos en México.

7.3 Papel de las recicladoras en México

Se observa en la encuesta realizada la falta de conocimiento sobe recicladoras en la región; el estudio arrojó una tendencia clara hacia el almacenamiento de desechos electrónicos en casa, oficinas y lugares designados para este fin, debido a la falta de conocimiento entre los consumidores sobre las opciones que tienen para la disposición adecuada de los RAEE en las zonas metropolitanas, así como el desconocimiento de la ubicación de las instalaciones de empresas de reciclado formales.

En investigaciones recientes sobre manejo de los RAEE en México, se describe que la cantidad de kg/hab per cápita ha seguido en aumento y los sistemas de recolección no han funcionado adecuadamente (SEMARNAT, 2017), el ciclo de vida de los dispositivos eléctricos y electrónicos es cada vez más corto y la falta de la implementación de las normas y leyes, hacen que se conviertan en basura electrónica, sin ser reciclados adecuadamente. Se conocen regiones en donde se han realizado estudios sobre la generación y disposición de los RAEE. Específicamente se calcularon las toneladas generadas en la frontera norte de México (36 Kt), en la

región de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (49 Kt.) y en la zona centro (94 Kt) en 2017. En las zonas oriente, occidente y sur del país hasta ahora no se tienen estudios consistentes.

Se encontró que diferentes regiones de México existe una recolección formal e informal de los RAEE. En las zonas metropolitanas se tienen muchas empresas recicladoras informales que no siguen la NOM y los planes de manejo propuestos por las autoridades municipales y estatales que son los encargados de promover y difundirlos. Se observó también que las empresas recicladoras formales son aún insuficientes para el tratamiento de los RAEE generados en las industrias de las zonas metropolitanas de México. Se debe entonces promover y difundir un plan de gestión integral para la basura electrónica. En el tema IV de este libro se investiga y desarrolla una propuesta de solución.

El presente capítulo describe una revisión de los modelos actuales sobre el reciclado que permiten el manejo sostenible de la basura electrónica. Además se identifican algunos modelos que impactan en la idiosincrasia de México. Finalmente se propone un arquetipo basado en los tres ejes analizados en la anterior investigación y se concluye con las posibles mejoras para un manejo sustentable en las diferentes regiones de México

CAPÍTULO VIII
Propuestas de Solución

Respecto al estudio realizado en el capítulo siete, se reitera que en diferentes regiones de México no existe un proceso de recolección basado en estándares y en la NOM Mexicana. En las zonas metropolitanas de Morelia y Guadalajara se cuenta con empresas recicladoras informales, mismas que no se apegan a los planes de manejo publicados en el diario oficial de la federación en el año de 2013 y que es parte integral de la NOM-161-SEMARNAT-2011 propuestos por el municipio y el estado

Plan de manejo definido en la NOM-161-SEMARNAT-2011 y publicado en el DOF: 01/02/2013

Se establecen los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo y que en el subíndice 9 se explican sus elementos.

9. Elementos para la formulación de los Planes de Manejo. Para formular y aplicar los Planes de Manejo de los Residuos de Manejo Especial sujetos a ellos se deberá incluir el principio de responsabilidad compartida, según sea el caso, que requiere de la participación conjunta, diferenciada y coordinada de los actores involucrados en la cadena de valor, buscar el manejo integral; evitar el establecer barreras técnicas y económicas innecesarias al comercio, así como considerar los elementos siguientes:

9.1 Elementos Generales. Los elementos generales que debe contener el Plan de Manejo independientemente de su modalidad son:
9.1.1 Información general:
9.1.1.1 Nombre, denominación o razón social del solicitante;
9.1.1.2 Nombre del representante legal;
9.1.1.3 Domicilio para oír y recibir notificaciones;
9.1.1.4 Modalidad del Plan de Manejo y su ámbito de aplicación territorial;
9.1.1.5 Residuo(s) objeto del plan.

Por lo que se requiere de una búsqueda y análisis de los modelos que han resultado de gran efectividad en otras ciudades o zonas metropolitanas a nivel mundial que al estudiarlos, imitarlos, adaptarlos y cumplirlos acerquen a la solución más próxima.

8.1 Modelos de Sustentabilidad o Sostenibilidad globales

A partir de la alerta generada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de la ONU (IPCC), en el 2018 publicaron sobre el calentamiento global en el planeta por la emisión de gases de efecto invernadero, producto de la industrialización y muchas asociaciones a nivel mundial empezaron a proponer modelos de sustentabilidad para minimizar el impacto ambiental (IPCC, 2018): https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html.

Como reflejo del crecimiento de las redes y los servicios de TIC, el mundo desechará aproximadamente 53.6 Mt de residuos electrónicos al año, según las últimas estimaciones en 2020, y sólo se recuperará y reciclará el 17,4%. En el año de 2019 hubo 44,3 Mt de residuos electrónicos generados cuyo destino no se pudo conocer: no se documentaron, se desecharon en vertederos, se quemaron, se comercializaron ilegalmente o se trataron de forma deficiente.

Con la forma actual de gestionar los residuos electrónicos al final de su vida útil, está resultando

difícil a nivel mundial la transición hacia una economía circular (modelo sostenible), en particular para los equipos de TIC. Recordando que existen hasta 69 elementos de la tabla periódica que pueden encontrarse en los equipos eléctricos y electrónicos (EEE). Entre ellos, materias primas y metales preciosos de mucha importancia. Los residuos electrónicos pueden dar lugar a la pérdida innecesaria de materiales naturales escasos y valiosos, al no poder reciclar esos materiales raros, menos tóxicos y de gran valor, como el oro, el platino y el cobalto, lo que supone una presión adicional sobre los limitados recursos naturales disponibles. Se ha documentado que una tonelada de teléfonos móviles o equipo de cómputo personales desechados puede contener hasta 280 gramos de oro, así como altos niveles de metales comunes que puede reutilizarse. Los desechos electrónicos contienen aditivos tóxicos o sustancias peligrosas, entre las que suelen figurar metales pesados que pueden contaminar la tierra, el aire y los medios acuáticos y suponer importantes riesgos para la salud, especialmente si se tratan de manera inadecuada.

Así mismo cada vez más electrodomésticos tienen una mayor capacidad de conectividad en el marco de la creciente Internet de las Cosas (IoT), aunado los productos tradicionales que no estaban conectados y que al ser desechados también son parte de la gestión inadecuada de los RAEE, dando como resultado aumentar al calentamiento de la Tierra, especialmente porque los refrigerantes de algunos equipos de intercambio de temperatura son gases de mucho efecto invernadero. Se calcula que en 2019, en todo el mundo, se liberaron a la atmósfera un total de 98 Mt de CO2-equivalentes procedentes de frigoríficos y aparatos de aire acondicionado desechados en formas inadecuadas para el medio ambiente, además de que estos desechos destinados a tiraderos de basura electrónica a cielo abierto en países en vías de desarrollo ponen en peligro la salud y la vida de algunos de los trabajadores adultos y niños que debido a la escases de sus recursos realizan actividades en los mismos y que durante su permanencia en ese ambiente contaminado están expuestos a toxinas y sustancias venenosas derivadas de esos electrodomésticos desechados.

Un argumento que acerca a la solución de este problema y que atañe a todos es, considerar que los RAEE contienen diversas materias primas valiosas como el oro, el cobre y el hierro. Se calcula que en 2019, el valor de esas materias primas en esos residuos fue de 57,000 millones de dólares. Estos podrían ser viables de recuperar si los RAEE se encuentran en condiciones adecuadas (y no de basura), con las debidas precauciones de salud y seguridad; las actividades de reciclado y renovación de residuos electrónicos podrían crear empleos en todo el mundo. (ITU, 2019) (https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/e-waste.aspx).

Lo que implica una mayor colaboración entre multinacionales, PyMES, empresarios, instituciones académicas, sindicatos, la sociedad civil y diversas organizaciones, a fin de fomentar una "economía circular", en la que se pueda garantizar el volumen de residuos generados por la industria de la electrónica, e implementar un sistema en el que se recolecten los productos desechados para reintegrar los materiales o componentes de nuevos productos, además de considerar lo siguiente:

Reducir la necesidad de nuevas materias primas, para la eliminación de residuos y de energía;

impulsar el crecimiento económico con la creación de empleos "verdes" y nuevas oportunidades de negocio, y

reducir sustancialmente las emisiones de dióxido de carbono, en comparación con la actividad de las industrias extractivas de materias primas.

Así en el plano industrial, las empresas deben realizar investigaciones y establecer su propia cadena de suministro que comprenda desde:

a. La generación de materias primas,
b. la fabricación,
c. la distribución,
d. la recolección y
e. la eliminación.

La gestión de la cadena de suministro debe procurar la eliminación de los RAEE con criterios éticos y responsables, también en la gestión de la venta al consumidor informar de forma clara y amplia el efecto del equipo al ser desechado de forma inadecuada, con ello contribuir en la concientización de los usuarios quiénes informados considerarían la opción de reparar los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en vez de sustituirlos o de retrasar la actualización o sustitución de aparatos funcionales por el último modelo, de recurrir a empresas recicladoras o a puntos de reciclaje debidamente certificados, o plantearse la posibilidad de dar una "segunda vida" al equipo mediante su reventa.

Los datos y estadísticas oficiales y comparables sobre RAEE sientan las bases de una legislación y de políticas de gestión coherentes a este respecto. En 2020, la Alianza Mundial para el Control Estadístico de los Residuos Electrónicos (GESP) inició talleres de capacitación en más de 60 países diferentes para reunir las estadísticas nacionales de residuos electrónicos mediante una metodología estandarizada. A raíz de estos esfuerzos desde 2018, la GESP y los países miembros de la UIT se propusieron aumentar la tasa mundial de reciclaje de residuos electrónicos para 2023 en un 30% y el porcentaje de países dotados de una legislación en materia de residuos electrónicos en un 50%.

Para 2019, la tasa mundial de reciclaje de residuos electrónicos era del 17,4% y 78 países habían promulgado instrumentos legislativos, políticos o de reglamentación en esta materia (que abarcaba el 71% de la población mundial). En este esfuerzo de la ITU se obtuvieron los siguientes resultados:

La UIT es miembro fundador de la Global E-waste Statistics Partnership (Alianza Mundial para el Control Estadístico de los Residuos Electrónicos), en la que participan también la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA). Publicando el informe Global E-waste Monitor 2020.

La Global E-waste Statistics Partnership presentó el sitio web globalewaste.org, portal de dominio público que permite a los responsables de la formulación de políticas, el sector privado, el mundo académico y el público en general visualizar los datos y estadísticas sobre residuos electrónicos a escala mundial, regional y nacional.

Crear la Coalición sobre Residuos Electrónicos de las Naciones Unidas (CRENU), constituida en 2018, está integrada por la UIT y por otras organizaciones del sistema de las Naciones Unidas (las Secretarías de los Convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, la OIT, el CCI, el PNUMA, ONU-Hábitat, la ONUDI, el UNITAR, la UNU y la OMS), con el apoyo del Foro Económico Mundial y del Consejo Empresarial Mundial de Desarrollo Sostenible.

El WEEE Forum organiza cada año en el mes de octubre el Día Internacional de los Residuos Electrónicos, una iniciativa que apoya la UIT en 2020 y que tiene como objetivo mejorar la visibilidad pública del reciclaje de residuos electrónicos y fomentar la participación de los consumidores en ese proceso.

La UIT ayuda a los estados Miembros a crear capacidad en el ámbito de la gestión de los residuos electrónicos, prestándoles apoyo en el proceso de elaboración del marco de políticas nacionales.

La UIT es miembro de la Iniciativa StEP, programa que cuenta con la participación de la UNU y que tiene por objeto facilitar las medidas colaborativas y mundiales encaminadas a reducir los residuos electrónicos a través de la modificación de las políticas, el rediseño de productos, la reutilización, el reciclaje y la creación de capacidad.

La Comisión de Estudio 5 del UIT-T "Medio ambiente, cambio climático y economía circular" ha elaborado una serie de normas internacionales (las recomendaciones del UIT-T) destinadas a prestar apoyo a los colectivos interesados de las grandes ciudades y al sector de las TIC para desarrollar un sistema sostenible de gestión de los residuos electrónicos, evaluar la incidencia ambiental de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, definir un procedimiento seguro de reciclaje de metales raros en las TIC.

La UIT organiza también la Semana de las Normas Verdes (SNV), una plataforma mundial en la que participan los encargados de la formu-

lación de políticas junto con expertos en materias específicas, urbanistas, organismos reguladores, la sociedad civil, entre otros colectivos interesados, a fin de examinar la función que desempeñan las TIC en la facilitación de las ciudades inteligentes y sostenibles y en el desarrollo de la economía circular.

La Iniciativa Unidos por Ciudades Inteligentes y Sostenibles (U4SSC) de la ONU, coordinada por la UIT y la CEPE con el apoyo de otros catorce organismos y programas de las Naciones Unidas y dedicada a facilitar la transición hacia las ciudades inteligentes y sostenibles.

Algunos de los modelos más importantes propuestos por Instituciones a nivel Internacional se presentan a continuación. En la figura 8.1 se muestra el modelo propuesto por la iniciativa SteP (2019), donde se describe la importancia de cada uno de los actores que generan la basura electrónica y que tienen una relación directa para generar planes de manejo; entre los cuales se resaltan los usuarios, la tecnología, las políticas, el negocio y el impacto en la salud humana y el manejo.

Figura 8.1. Modelo sustentable propuesto por la iniciativa SteP (2019)

En la figura 8.2 el modelo propuesto por la plataforma PACE del foro económico mundial contiene diferentes elementos que conforman un modelo circular. Haciendo énfasis en la responsabilidad extendida para los usuarios y los generadores de tecnología, en donde el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos se extiende a través del reuso y posible reciclado.

Además de reintegrar los componentes a nuevas aplicaciones o nuevos aparatos para extender su vida útil y evitar la contaminación. El separar componentes de circuitos integrados y extraer las materias primas de origen suele ser muy costoso y sus procesos generan excesiva contaminación, por ello se prefiere la reutilización de los componentes.

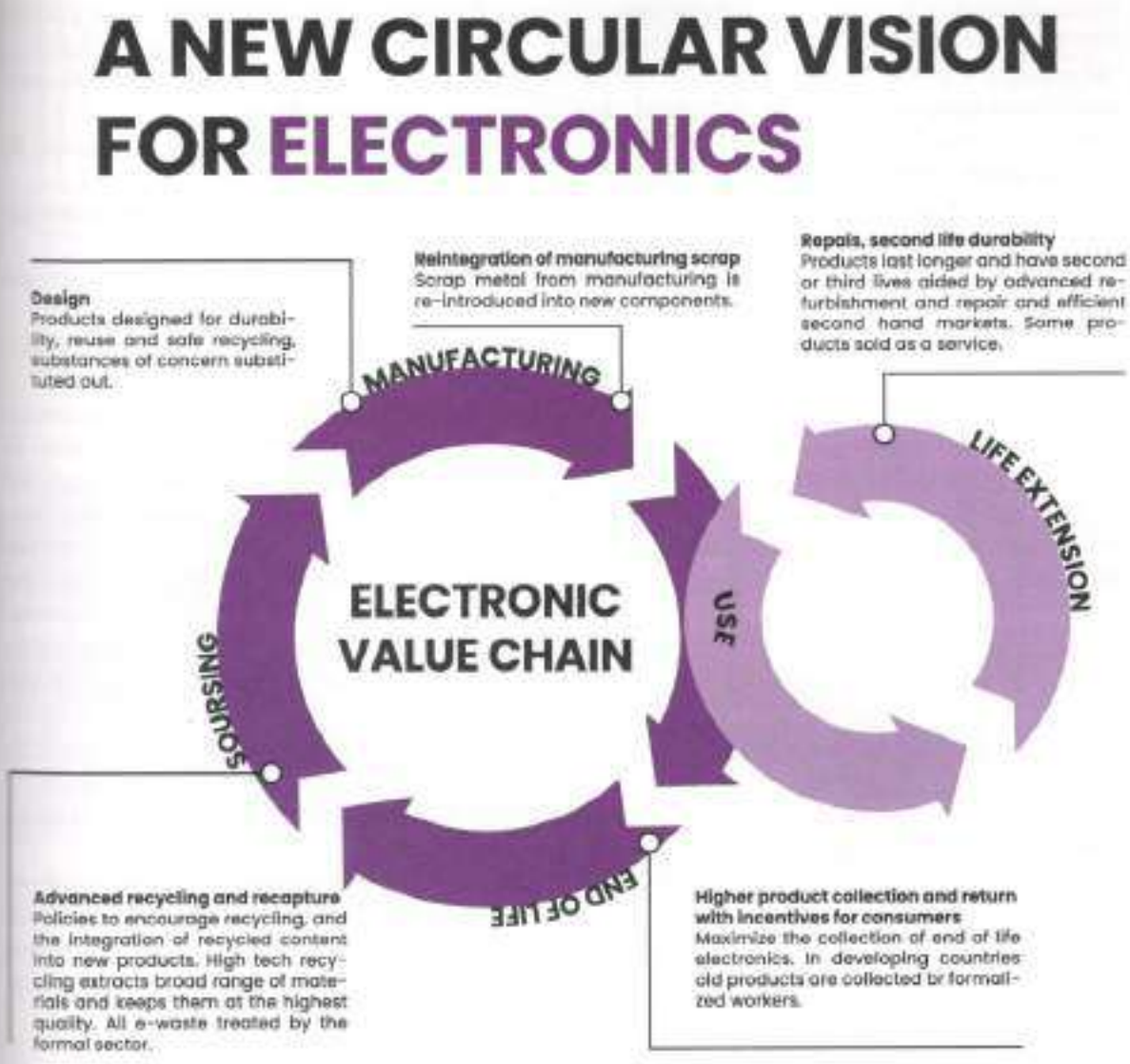


Figura 8.2. Modelo sustentable circular propuesto por la plataforma PACE (2019)

8.2 Modelo sustentable para México

En México se tiene un sistema federal basado en estados y municipios, la gestión integral de los RAEE recae en la normativa de los municipios del país, y a partir de estos debe invitarse a los actores sociales a formular un plan de manejo que tome en cuenta las regulaciones ambientales estatales y nacionales. En el año 2000, Thomas Lindhqvist, académico sueco, a quien se le atribuye la introducción del concepto de responsabilidad extendida del productor, presentó el primer modelo sustentable enfocado al uso de equipos electrónicos en México, en el que se proponía la responsabilidad compartida entre los productores y los usuarios. Posteriormente las Instituciones en México retomaron estas ideas y se realizó la primer propuesta de la Norma Oficial Mexicana en el año 2010 y aprobada en el 2011 misma que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, como se muestra en la fugura 8.3.

Figura 8.3. Modelo sustentable de responsabilidad para productores de tecnología en México. Fuente: Lindhqvist (2000)

De acuerdo con el informe de González Ávila (2012), relacionado con el manejo sustentable de la basura electrónica, propone un sistema de gestión integral que debe de contar con un plan de gestión integral en el cual sus elementos sean

- Reconocer a los actores sociales en la región (consumidor, productor, reciclador y autoridades municipales y estatales)
- Establecer un proceso de recolección y transporte de los RAEE
- Conocer las estadísticas y la situación del sistema de recolección actual
- Monitoreo y control de sitios de disposición de los RAEE
- Establecer fuentes de financiamiento para mantener el sistema de recolección
- Innovar y mejorar en forma continua el proceso de reciclaje de los RAEE
- Apegarse a leyes y regulaciones de la autoridad.

El reconocer responsabilidades de los actores es uno de los primeros pasos en el establecimiento de un plan de gestión integral. En paises desarrollados la "responsabilidad extendida del productor" permite tener un reciclaje exitoso; conoce los componentes, formas de ensamblado y los materiales que pudieran ser reciclados. En México esta responsabilidad debe legalizarse y utilizarse como un punto importante en el desarrollo de las políticas ambientales. El proceso de reciclado deberá apegarse a planes de manejo unido a un ciclo de producción y disposición conocido como "de la cuna a la cuna" y evitar lo más pronto posible el ciclo hasta ahora seguido como de la "cuna a la tumba".

En el informe anteriormente mencionado se realizó una propuesta de un modelo y un plan de manejo integral para los RAEE en México, como se muestra en la Figura 8.4 y 8.5.

Figura 8.4. Modelo de gestión integral de los RAEE para México. Fuente González A. (2012)

Figura 8.5. Plan de manejo integral de los RAEE para México. Fuente González A. (2012)

En la publicación científica de Cruz Sotelo (2017), se propone un modelo actualizado para México que se presenta en la Figura 8.6.

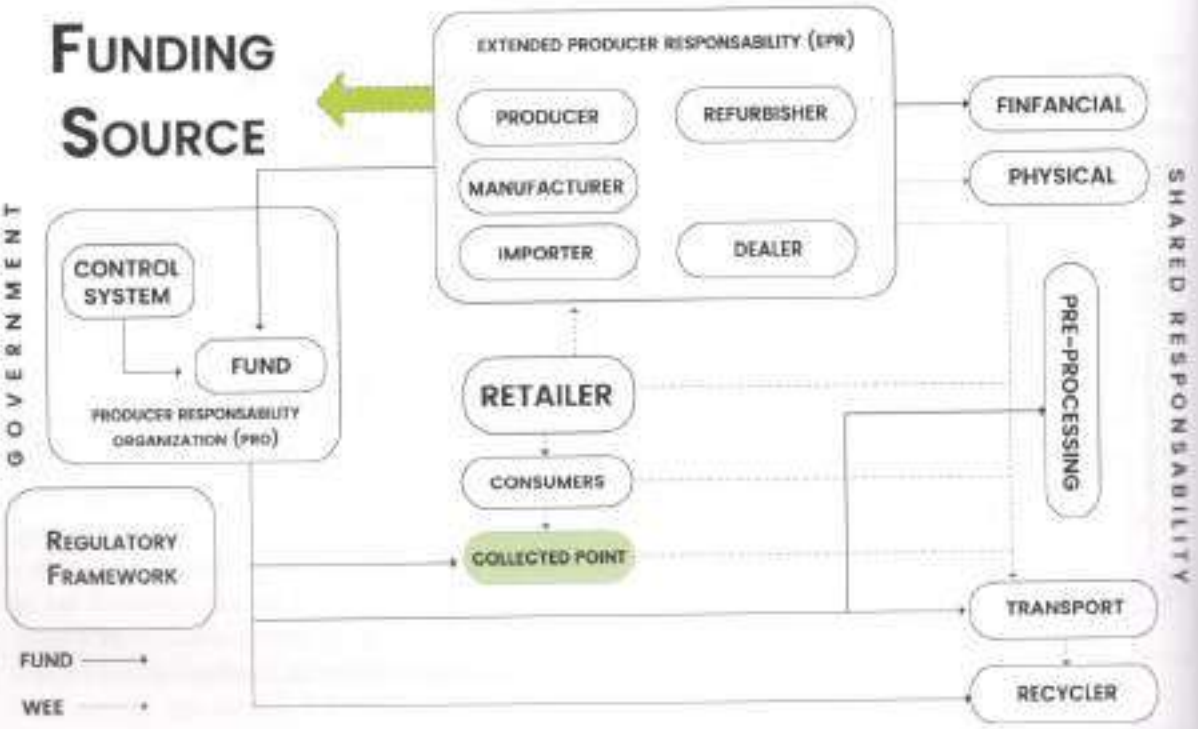


Figura 8.6. Diagrama del modelo sustentable propuesto por Cruz Sotelo (2017).

El marco legal (estándares para el manejo integral), el modelo de gestión (operación y esquemas de financiamiento), los modelos de manejo (recolección, reciclado y disposición final) y finalmente la socialización y concientización (divulgación, capacitación y formación técnica) de acuerdo con González A. (2012) deben ser parte de las líneas de acción en la gestión integral de los AEE.

En el artículo publicado por Cruz Sotelo y et. Al (2017) se describe la misma problemática encontrada por González A. (2012) en el manejo de los RAEE en México, la cantidad de kg/hab ha seguido en aumento y los sistemas de recolección no han funcionado con la efectividad requerida, el ciclo de vida cada vez más corto de los AEE y la falta de un marco legal hacen que se conviertan en basura electrónica sin ser reciclados debidamente. Existe una recolección formal e informal de los RAEE en varias regiones del país, se data de regiones en donde se han realizado estudios sobre la generación y disposición de los RAEE, específicamente se calcularon la toneladas generaras en la frontera norte de México (36 Kt), en la región de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (49 Kt.) y en la zona centro (94 Kt) en 2017. En las zonas oriente, occidente y sur del país hasta ahora no se tienen estudios consistentes.

En el informe de la Semarnat (2017) sobre la caracterización de la industria formal e informal en México, se describe un estudio muy importante que revela los grandes problemas de la industria del reciclado en el país, se presentan en el informe mapas de las regiones en donde más se conocen esfuerzos por el reciclado y la disposición de los RAEE. De acuerdo a este estudio se observó que de la empresas encuestadas en el mercado formal el 56% de la industria se encuentra en el nivel 0, el 31% en el nivel 0,2, el 11% en el nivel 2 y el 5% en el nivel 0, 1, 2. No existen aún empresas en nivel 3. El informe concluye que el incremento anual promedio en la generación de la basura electrónica es del 5%, se observó una tasa creciente en el reciclado del 3% en 2006, 10% en 2014 y a finales del 2016 un 11%. Como se muestra en la Figura 8.7.

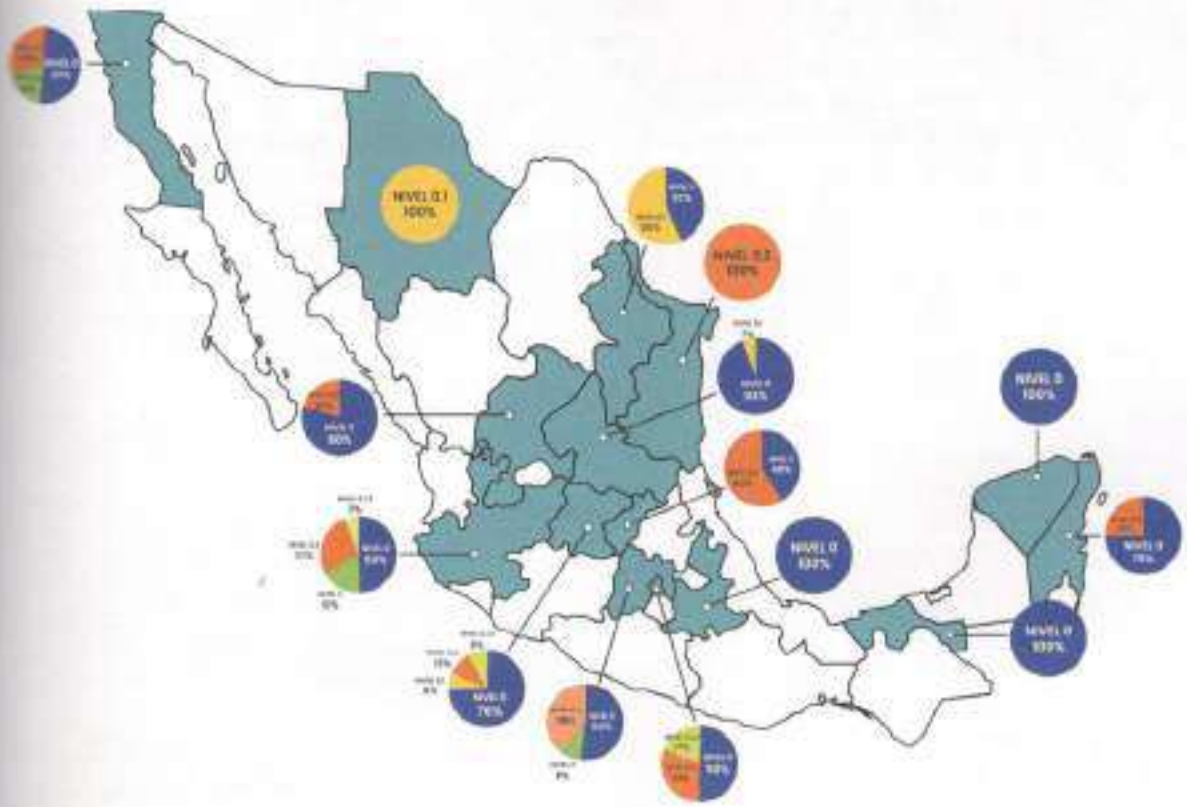


Figura 8.7. Nivel de procesamiento del reciclado de la industria en el país. Nivel 0 - azul (acopio, recolección, transporte y almacenamiento), nivel 1 – naranja (selección de otros residuos no RAEE), nivel 2 - amarillo (separación, disposición y tratamiento, reúso), nivel 3 - verde (reciclado y eliminación de toxicidad). Fuente: Semarnat (2017).

De acuerdo con INEGI (2020), las regiones económicas que existen en México son ocho, las cuales se muestran en la Figura 8.8, donde las de mayor ingreso económico per cápita son las zonas centro – sur, noroeste, norte, occidente, sureste y sur respectivamente. Se observa que el nivel de reciclado perca pita es mayor en las regiones con mayor actividad económica y existen menos recicladoras informales, no así en estados con menor actividad económica.

Figura 8.8 Zonas económicas de México. Fuente: INEGI (2020).

Específicamente se calcularon la toneladas generadas en la frontera norte de México (36 Kt), en la región de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (49 Kt.) y en la zona centro (94 Kt) en 2017, y que fueron recicladas en la industria formal. En el año 2017 se tuvieron 179 Kt de basura electrónica y solo se reciclo el 5% del total de la basura electrónica, según Baldé, C. P., (2017) y Tsydenova (2017), es decir unas 50 Kt.

Por lo anterior se puede observar que las regiones de México que más ingresos tienen son las que más reciclan, con base en ello que en el año 2017 (124.5 millones de Mexicanos), la cantidad de kilos per cápita fue de 8 a 10 kilos, según las Naciones Unidas y organismos internacionales. Por lo que se observa que a mayor nivel de ingreso se adquiere más tecnología y también se cuenta con la capacidad de mandar a reciclar de forma adecuada sus residuos.

Esto demuestra una oportunidad para muchas empresas recicladoras de poder insertarse en este mercado en México. Las empresas de reciclado tienen los problemas siguientes:

- Transporte de residuos. Los costos de recolección son absorbidos por las empresas y esto reduce la cantidad.
- Almacén de residuos. Tiempos prolongados y saturación en el almacén.
- Proceso de desensamble en las empresas. Se desarrolla en espacios abiertos e inadecuados.
- Manejo de residuos. No se tienen certificaciones ambientales en muchas empresas y la basura electrónica se mezcla lo que dificulta su disposición adecuada.

La industria informal en México, principalmente en las zonas metropolitanas, mantiene una estructura organizada y muy similar a la formal, es decir, con las mismas actividades de desensamble manual de los residuos electrónicos, pero en condiciones laborales de mayor precariedad e incluso clandestinidad, lo que lleva a un impacto nocivo en el medio ambiente y en las personas encargadas del proceso al disponerse en forma inadecuado los desechos tóxicos.

8.3 Propuesta de solución

Derivado de los resultados obtenidos del estudio en México y de los modelos analizados, se presenta un modelo circular (metodología) que propicia la efectividad de los planes de manejo sustentable para residuos electrónicos al final de su vida útil, este se integra, se diseña y debe de estar acompañado por las autoridades o encargados de los planes de manejo tanto local, municipal, estatal y los expertos en el tema de basura electrónica (recicladores), con el fin de atender la problemática y necesidades de cada uno de los ejes planteados en el modelo a través de actividades propuestas en esta metodología. Como se muestra en la Fig. 8.9

Fig. 8.9 Modelo circular propuesto para la mejora de los planes de manejo en México de la basura electrónica.Fuente: Soto Sumuano et. Al (2020).

Las estrategias descritas en el modelo presentado en la figura anterior se basan en un modelo circular en el cual se describen en once ítems para atacar el problema de basura electrónica. Este contempla las mismas estrategias clasificadas en los ejes de conciencia, reciclado y prevención/solución. Se enfatiza sobre el impacto en la salud humana y las cuales se describen a continuación:

Las estrategias descritas en el modelo presentado en la figura anterior se basan en un modelo circular en el cual se describen en once ítems para atacar el problema de basura electrónica. Este contempla las mismas estrategias clasificadas en los

ejes de conciencia, reciclado y prevención/solución. Se enfatiza sobre el impacto en la salud humana y las cuales se describen a continuación:

8.3.1 Conciencia:

Dirigido a todo usuario y productor, para disminuir los riesgos por contaminación es importante saber que se debe tener cuidado de no tirar a separar de la basura común dispositivos o equipos electrónicos como: celulares, tarjetas electrónicas, CD's, monitores, cables, CPU's y baterías, entre otros aparatos electrónicos. Para el desecho final de estos productos por los usuarios en general, se debe socializar de forma masiva hasta normalizar las acciones siguientes:

Almacenar los RAEE en un lugar en donde no entren en contacto con el agua, luz, viento y calor hasta que sea posible llevarlos a un centro de acopio o reciclado electrónico.

Tener un cuidado especial con las pilas que también deben desecharse en sitios específicos para la recolección de baterías.

Los actores deberán de identificar de forma permanente las fuentes de generación de RAEE y contabilizar los volúmenes generados, tratando de reciclar los Kg/t para plásticos, metales y otros elementos.

Promover iniciativas y proyectos de inversión para desarrollar la infraestructura necesaria para la gestión de los RAEE, utilizando tecnologías de información.

Desarrollar mayor concienciación en la "responsabilidad implícita o extendida" de los consumidores respecto a los RAEE con el apoyo de empresas y tomadores de decisiones.

8.3.2 Reciclado:

Definir NOM precisas que determinen la secuencia del reciclaje, reparación y reúso de los RAEE;

además de promover el eco-diseño de los mismos para extender su vida útil.

Incentivar la investigación en México a través de proyectos, que tomen en cuenta aspectos como: actores claves, marco social, zonas urbanas y normativa.

Desarrollar iniciativas para fortalecer las alianzas academia, empresa, gobierno y sociedad para una gestión sostenible de los RAEE.

Crear sinergias entre las iniciativas existentes para evitar la duplicación de esfuerzos y maximizar los recursos existentes para el manejo de los RAEE.

8.3.3 Solución y prevención:

- Dar a conocer en forma clara y contundente el impacto del e-waste considerando los tres ejes del modelo para el cuidado de la salud humana.
- Trabajar en actividades preventivas como certificaciones, difusión, divulgación, entre los actores y así evitar la contaminación por los RAEE.
- Respetar las iniciativas internacionales (ITU-T Comisión de Estudio, PACE y Step).
- Promover la innovación y transferencia de tecnología para el manejo sustentable de los RAEE.

Finalmente, la aplicación del modelo requiere de actividades de divulgación y difusión en ciudades urbanas que ayuden a concientizar a la ciudadanía y a los recicladores de basura electrónica sobre la afectación que esto conlleva a la salud humana. Se observa que parte de la población encuestada es consciente del problema que ocasionan los RAEE al convertirse en basura electrónica, más no hay programas o procedimientos oficiales estandarizados para desechar y disponer debidamente los RAEE o e-waste y se desconoce de lugares o puntos de recepción o concentración para su respectivo.

8.4 Conclusiones

Se debe de usar la tecnología para crear una estrategia que permita interconectar a los generadores de basura electrónica con empresas recicladoras.

La información al respecto trasmitida desde la educación básica será conductual y trascendental para la prevención y solución a esta gran problemática, es determinante se considere un tema a desarrollar en los planes y programas de estudio, desde la educación preescolar hasta la educación superior y población en general de manera permanente a través de talleres, materias y/o diplomados en las áreas relacionadas con las TIC's, y la sustentabilidad y medios de comunicación masiva. Donde el modelo puede ser un referente para disminuir la huella ecológica en las áreas tecnológicas.

Este nuevo modelo considera evitar o reducir el impacto nocivo en la salud humana al reciclar adecuadamente los RAEE, las estrategias definidas están dirigidas a disminuir este impacto adverso. Construir metodologías apegadas al modelo contribuiría en la implementación de políticas públicas en ciudades que no cuenta con marcos normativos. Por lo que es necesario que el gobierno participe promoviendo nuevas normas que regulen la disposición de los RAEE en las ciudades mexicanas.

Sin embargo, la solución a corto plazo o mayormente viable está en implementar leyes específicas, que sean claras y puntuales, así se impongan sanciones en caso que amerite o beneficios por ser una empresa responsable, quizá esta política no sea muy bien recibida por los costos que implica. Además se debe contar con marcos legales que permitan incentivar el reúso de la tecnología y que enruten o redireccionen las conductas habituales tanto a las empresas y a las personas en el tema de sus hábitos de consumo. Promover la legislación a nivel municipio, estatal, federal, con respecto al uso y disposición de la tecnología, preceptos que representarían gran utilidad. Es muy importante ser consumidores conscientes, y reconocer del hecho de que México tenga muy pocas leyes al respecto, hace que se tenga una alta generación de este tipo de basura.

La contaminación ambiental producida por la basura electrónica y la radiación electromagnética no ionizante convivirá con la sociedad e irá en incremento durante los próximos 10 años. Toda esta contaminación no sería importante si no fuera dañina para el ser humano. Este capítulo describe los efectos más importantes en la salud pública.

CAPÍTULO IX
Efectos e Impacto en la salud producidos por la contaminación electromagnética y basura electrónica

9.1 La Salud como un derecho

El ser humano requiere y precisa tener salud en su vida para su óptimo desarrollo, las enfermedades como alteración del estado de salud tienen su origen en el individuo o en el ambiente en el que este se desenvuelve, siendo el ambiente, modulador de la severidad de la afección e impactando en su relación con la salud del ocupante.

La salud, entendida no sólo como la ausencia de enfermedad, sino como el completo bienestar físico, psíquico y social, es un derecho fundamental por el cual, a pesar de estar recogido y reseñado en la mayoría de las constituciones nacionales e internacionales, hay que luchar activamente para mantenerlo y disfrutarlo conscientemente. Desgraciadamente, nos damos cuenta de la importancia de la salud cuando la perdemos. Para defenderla ante las exposiciones a factores medioambientales que desencadenan las enfermedades, hay que tener una información clara, comprensible, transparente y honesta.

Este tipo de información hará pensar, meditar, reflexionar y actuar a los ciudadanos porque, de acuerdo con su propia consciencia, sean los auténticos protagonistas y partícipes de su presente y futuro, pudiendo participar, decidir y actuar en las cuestiones fundamentales que afectan a los derechos más básicos, como es el de la salud. La información transparente y honesta fomenta la participación ciudadana y el derecho a la salud. La participación activa, les permitirá elegir la opción que mejor se adapte a las escalas de valores individuales, familiares y colectivas así como defenderse de los mensajes manipulados.

En la Cumbre de Río de Janeiro, en 1992, todos los jefes de estado de los países de la ONU firmaron el compromiso de que el desarrollo económico siempre ha de estar supeditado al respeto medioambiental y principalmente, a la salud humana. Posteriormente, fue ratificado en la Cumbre de Johanesburgo en agosto del 2002.

La OMS definió en 1993 el concepto de Salud Medioambiental como: "a) los aspectos de la salud humana, incluyendo la calidad de vida, determinados por la combinación e interacción de los agentes ambientales físicos, químicos, biológicos y psicosociales; y b) los aspectos teóricos y prácticos para conocer, analizar, evaluar, controlar, corregir y prevenir los factores medioambientales que potencialmente lesionan la salud de las generaciones presentes y futuras".

Dentro de este contexto hay que remarcar que la pandemia iniciada en 2020 trajo consigo una serie de cambios en el entorno cotidiano, los inesperados impactos de la crisis sanitaria derivada del COVID-19 han llevado al aumento de la estadía en los hogares, pasando mayor tiempo al interior que al exterior. El aumento en el uso de estos equipos así como el incremento del gasto para su adquisición por cada vez más personas, es un fenómeno universal. Tanto los dispositivos eléctricos como los electrónicos se encuentran entre los más rápidamente producidos, usados y descartados. Consecuentemente, estamos atestiguando un alarmante crecimiento de basura electrónica y el correspondiente manejo inadecuado de estos residuos a una escala global. Los cambios efectuados para su adaptación, incluyen entre ellos el incremento de tecnologías que nos permitan desarrollar las actividades propias de contenido virtual.

Además hay que recordar que los estándares de calidad de los diversos dispositivos inalámbricos se formularon en la década de 1970, cuando el porcentaje de población en contacto era casi imperceptible. Siendo hasta la década de 1990, el desarrollo

de los teléfonos móviles que actualmente están en exposición de radiación electromagnética, usados por más de un 90% de la población mundial.

El objetivo del capítulo es describir el escenario de efectos en la salud de los dos tipos de contaminantes que se han descrito a lo largo del libro, la Contaminación ambiental producida por la radiación electromagnética (electrosmog) y la contaminación ambiental por basura electrónica (E-waste).

9.2 Escenario de la Salud y el electromagnetismo

Los campos electromagnéticos existían sobre la tierra antes de la aparición de la vida, han jugado un papel clave en la evolución y son un factor decisivo en el funcionamiento de los sistemas biológicos (Becker &Selden, 1985), (Warnke, 2007). Ha habido cambios de polaridad en el ambiente terráqueo que provocaron la extinción masiva de especies (Becker &Selden, 1985). Esta historia, confirmada en hallazgos fósiles, nos cuenta también algo sobre nuestro presente: el ambiente electromagnético en que nos movemos es una referencia fundamental para nuestro metabolismo. La tierra es una enorme caja de resonancias, y nuestros cerebros están "sintonizados" en la misma frecuencia (Becker &Selden, 1985).

La sensibilidad de organismos a campos electromagnéticos tiene sus bases en la naturaleza eléctrica y electromagnética de todas las interacciones moleculares. Por su parte, afirma Stephen Genuis (2009): "El estudio científico básico del cuerpo humano ha demostrado que la mayoría de las funciones fisiológicas en los organismos vivos son de naturaleza electroquímica. Las células vivas se componen de moléculas y átomos, que a su vez se componen de electrones, neutrones y protones. El funcionamiento intrínseco de estos átomos y moléculas con la homeóstasis de las células, tejidos y órganos es totalmente dependiente de la actividad química y eléctrica".

Los estudios más recientes sobre efectos potenciales en la salud humana se han centrado en los campos magnéticos, debido a que algunos estudios epidemiológicos han determinado una ligera asociación entre el cáncer y la exposición a los mismos. Este tipo de asociaciones no se han encontrado hasta el momento con los campos eléctricos. Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas. Cuando los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afectan a la distribución de las cargas eléctricas en la superficie y provocan una corriente que atraviesa el organismo hasta el suelo. Los campos magnéticos de frecuencia baja inducen corrientes circulantes en el organismo. La intensidad de estas corrientes depende de la intensidad del campo magnético exterior. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.

Tanto los campos eléctricos como los magnéticos inducen tensiones eléctricas y corrientes en el organismo, pero incluso justo debajo de una línea de transmisión de electricidad de alta tensión las corrientes inducidas son muy pequeñas comparadas con los umbrales para la producción de sacudidas eléctricas u otros efectos eléctricos. Los campos magnéticos son también un método generalizado para la orientación en el espacio y en el tiempo de todas las formas de vida (Warnke, 2007). Cada especie parece tener localizado su "detector electromagnético" en distintas partes del cuerpo: en el pico de algunas aves, en los lóbulos cerebrales en los humanos (Becker &Selden, 1985).

Por lo expuesto, si consideramos que los seres vivientes "no pueden ser comprendidos más que incluyendo en sí al ambiente" (Morin, 1997), una simple deducción nos indica que si modificamos el ambiente electromagnético en que vivimos, se modificará nuestra biología básica, provocando cambios correlacionados, en forma pronunciada o imperceptible según los casos, en nuestro estado de salud, rasgos de carácter y de comportamiento. Nuestro ser "bioeléctrico" es un entramado multidimensional de interacciones entre energía electromagnética y elementos físicos. Esto incluye

al ADN, que en uno de sus planos se comporta como una "antena" capaz de decodificar ondas y frecuencias, por lo tanto, "dirige", "organiza" procesos metabólicos a través de este intercambio de información.

El ADN, además, es pasible de ser transformado, reparado o alterado por factores electromagnéticos (Korneev&Gariaev, 2015). (Tertyshniy et al 2015). En la investigación sobre el ADN dirigida por el equipo transdisciplinario del ruso Peter Gariaev, se establece que el ADN dialoga con el entorno biológico a través de sonidos y vibraciones, y que es "un texto editable por medio de sonidos y frecuencias".

Los nucleóticos del ADN, jugando el papel de caracteres, conforman "textos", secuencias de instrucciones organizadas según los mismos patrones de las lenguas humanas, a partir de los cuales se conforman los procesos orgánicos. El ADN es en definitiva un bio-computador capaz de enviar y recibir información a través de ondas.

9.2.1 Efectos Biológicos del electromagnetismo

Los efectos biológicos detectados por la exposición a los campos electromagnéticos de baja frecuencia (teniendo que cumplirse ciertas condiciones, como ciertas intensidades de campo, duración de la exposición...) son:

- Frecuencia cardiaca: en varios estudios se ha determinado un efecto en la frecuencia cardiaca debido a la exposición a los campos electromagnéticos. Cuando este efecto se ha observado, la respuesta biológica ha sido pequeña (un decrecimiento de aproximadamente cinco latidos por minuto), y además ésta no persiste una vez que cede la exposición. Los niveles de exposición para que se produjeran estos efectos son relativamente altos (30 μT). Sin embargo, los efectos no se han observado de forma consistente en experimentos repetitivos.
- Electrofisiología del sueño: en un estudio de laboratorio se encontró que la exposición a los campos magnéticos de 60 Hz durante la noche podía trastornar la actividad eléctrica cerebral durante el sueño. En este estudio, los individuos fueron expuestos a campos magnéticos continuos o intermitentes de 28.3 μT. Los individuos expuestos a campos magnéticos intermitentes mostraron alteraciones de la actividad cerebral mostrando una serie de parámetros indicativos de sueño pobre o trastornado. En cuanto a la exposición continua, varios estudios no han podido determinar ningún efecto biológico.
- Hormonas, sistema inmunitario, características químicas de la sangre: en varios estudios clínicos con voluntarios se han evaluado los efectos de la exposición a los campos electromagnéticos en hormonas, el sistema inmunitario, y las características químicas de la sangre. Estos estudios no proporcionaron resultados consistentes.
- Melatonina: La hormona de la melatonina se segrega principalmente durante la noche y por la glándula pineal, una pequeña glándula que se encuentra en el cerebro. Algunos experimentos de laboratorio con células y animales han demostrado que la melatonina puede disminuir el crecimiento de cáncer en las células, incluyendo el cáncer de mama. En algunos estudios se ha comprobado una disminución de los niveles de melatonina segregados durante la noche en animales expuestos a campos magnéticos y eléctricos. Por tanto, surge la hipótesis de si la exposición a los campos electromagnéticos puede reducir los niveles de melatonina y así debilitar las defensas del cuerpo humano contra el cáncer. Varios estudios clínicos con voluntarios han examinado si, en función de los niveles de exposición y el tipo de exposición de campo magnético, se afectan los niveles de melatonina en la sangre. La exposición de voluntarios a campos con frecuencias de energía (50-60 Hz) bajo condiciones controladas no produjo ningún efecto aparente en la melatonina. Algunos estudios de personas expuestas a campos ELF en el trabajo o en el hogar sí determinaron una pequeña disminución de estos niveles. No está del todo claro si la disminución de los niveles de melatonina en condiciones medioambienta-

les está relacionada con la presencia de campos electromagnéticos o se debe a otros factores.

- Efectos al sistema nervioso: El sistema nervioso juega un papel fundamental en el control de otros sistemas del cuerpo, particularmente en el sistema cardiovascular, a través de un control directo, y del sistema endocrino. El cerebro y el sistema nervioso funciona utilizando señales eléctricas por lo que esta acción puede considerarse vulnerable a los campos ELF. En varios experimentos de laboratorio con voluntarios y animales se han investigado posibles consecuencias de exposición a campos ELF débiles, considerando varios aspectos del funcionamiento del sistema nervioso. Además, se han llevado a cabo estudios epidemiológicos de una posible relación entre la exposición a los campos electromagnéticos con el suicidio y la depresión.

Los campos magnéticos pulsantes de intensidad elevada pueden estimular el tejido nervioso periférico o central; tales efectos se pueden presentar durante los procedimientos de imagenología (pruebas que producen imágenes de áreas del interior del cuerpo) por resonancia magnética (IRM) y se utilizan en la estimulación magnética transcraneal.

Las intensidades umbrales de un campo eléctrico inducido para la estimulación directa de los nervios podrían ser de apenas unos voltios por metro. El umbral probablemente es constante dentro del rango de frecuencias desde unos pocos hercios a algunos kilohercios. Es probable que las personas que sufren epilepsia o están predispuestas a ella sean más susceptibles a los campos eléctricos ELF inducidos en el sistema nervioso central.

La función de la retina, que forma parte del SNC, puede verse afectada por la exposición a campos magnéticos ELF mucho más débiles que los causantes de una estimulación directa de los nervios. La interacción del campo eléctrico inducido con las células de la retina, excitables eléctricamente, da lugar a una sensación de destellos luminosos, denominados fosfenos magnéticos o magnetofosfenos.

Se ha estimado que las intensidades umbral de los campos eléctricos inducidos en el fluido extracelular de la retina están comprendidas entre unos 10 y 100 mV / m a 20 Hz. Sin embargo, existe una incertidumbre considerable en relación con estos valores.

La evidencia de otros efectos del neurocomportamiento en estudios con voluntarios, tales como los efectos en la actividad eléctrica del cerebro, la cognición, el sueño, la hipersensibilidad y el estado anímico, son menos claras. En general, dichos estudios se han realizado con niveles de exposición por debajo de los necesarios para inducir los efectos descritos anteriormente, y en el mejor de los casos solamente se han obtenido evidencias de efectos sutiles y transitorios.

Las condiciones necesarias para que se den tales respuestas no están bien definidas por el momento. Hay algunos indicios que parecen indicar la existencia de efectos dependientes del campo sobre el tiempo de reacción y sobre la precisión reducida en la realización de algunas funciones cognitivas, que están respaldados por los resultados de estudios sobre la actividad eléctrica general del cerebro.

En los estudios en los que se investigó si los campos magnéticos afectaban a la calidad del sueño se han encontrado resultados inconsistentes. Es posible que estas inconsistencias puedan atribuirse en parte a diferencias en el diseño de los estudios.

Algunas personas afirman que son hipersensibles a los campos electromagnéticos en general. Sin embargo, los resultados obtenidos en estudios de doble ciego parecen indicar que los síntomas notificados no guardan relación con la exposición a dichos campos.

En animales, se ha estudiado desde varias perspectivas la posibilidad de que la exposición a campos de ELF afecte a las funciones del neuro comportamiento, utilizando una serie de condiciones de exposición. Son pocos los efectos sólidamente establecidos.

Existe una evidencia convincente de que los animales pueden detectar campos eléctricos en frecuencias de energía, muy probablemente como

consecuencia de los efectos de la carga superficial, que pueden provocar agitación transitoria o un estrés ligero. En las ratas, la gama de detección está comprendida entre 3 y 13 kV / m. Se ha comprobado que los roedores muestran rechazo hacia las intensidades de campo superiores a 50 kV / m.

9.2.2 Efectos adicionales de la radiación electromagnética

Existen algunas evidencias de que la exposición a campos magnéticos puede modular las funciones de los sistemas de neurotransmisores opioides y colinérgicos en el cerebro, respaldadas por los resultados de estudios en los que se investigaron los efectos en la analgesia y en el desempeño de funciones de memoria espacial, entre otros. Como conclusión general, no se puede afirmar que los campos ELF sean los causantes de estados de depresión, suicidio o estados de hipersensibilidad a los mismos.

El efecto térmico

El único efecto reconocido es el efecto térmico. La elevación de un grado de temperatura tiene consecuencias:

- Aumento de la frecuencia cardiaca
- Aumento del ritmo respiratorio
- Aumento del metabolismo celular
- Efectos en el sistema nervioso

Efecto no térmico

- Efectos en el sistema cardiovascular
- Alteraciones en el ritmo cardiaco
- Alteraciones de la presión sanguínea
- Alteraciones en la velocidad de coagulación
- Alteraciones en el electrocardiograma

Efectos en el sistema endocrino:

- Alteración de la función glándula pineal
- Alteración de la función de hormonas sexuales

Efectos en el aparato respiratorio:

- Alteración del ritmo respiratorio
- Alteración de la capacidad pulmonar

En 2016 se dieron a conocer los resultados del estudio más grande del mundo, del Programa Nacional de Toxicología (NTP, por sus siglas en inglés), de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos. En este estudio, 3 000 roedores fueron irradiados con la energía de RF/MO, correspondiente a las generaciones 2G y 3G de telefonía celular, durante 9 horas al día, por 2 años, se encontró un aumento estadísticamente significativo en la incidencia de cáncer cerebral y cardiaco en roedores. Los niveles de exposición, estuvieron por debajo de la norma de la ICNIRP, aplicada por la mayoría de los países.

La ICNIRP, es la Comisión Internacional para la Protección de las Radiaciones no Ionizantes, relacionada con la Organización Mundial de la Salud y que establece la normatividad de la exposición a los campos electromagnéticos no ionizantes artificiales, de tipo térmico. Para el oncólogo sueco Lennart Hardell y otros investigadores del área, estos resultados apoyan lo encontrado en los estudios epidemiológicos humanos sobre la radiación de RF y el riesgo de tumor cerebral como el glioblastoma multiforme, el tumor cerebral maligno de mayor severidad y más común y, el neuroma acústico, un tumor benigno localizado en los nervios craneales desde el oído interno hasta el cerebro, que puede comprimir el cerebro.

Se ha encontrado en muchos estudios que la irradiación a la frecuencias de 2.45 GHz incluso por debajo de los valores límite establecidos por la ICNIRP, provoca efectos adversos en: fertilidad, sobre el EEG y las funciones cerebrales, el corazón, el hígado, la tiroides, la expresión génica, genotoxicidad, mutaciones, cambios endocrinos, modificación de los niveles de calcio, inducción de proteínas de choque térmico, alteración del ciclo celular, la membrana celular, las bacterias y las plantas. También hay efectos negativos sobre el aprendizaje, la

memoria y la atención. En muchos de estos estudios se observa también estrés oxidativo.

La exposición a la radiación de microondas de 2.45 GHz produjo cambios patológicos en los tejidos del cerebro, hígado, testículos, riñón y bazo de ratas. También se observó un aumento significativo de radicales libres, generándose estrés oxidativo y daño en los lípidos, de órganos como el hígado, cerebro y bazo, una vez que estas ratas fueron expuestas a 35 días a dicha frecuencia. El estrés oxidativo es un proceso que daña moléculas como los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, se presenta en patologías de diferente origen y es uno de los mecanismos de daño originado por los campos electromagnéticos artificiales de origen tecnológico, frecuentemente observado.

9.2.3 Efectos por audífonos de la radiación electromagnética

Auriculares o audífonos. Experimentalmente en el laboratorio, un estímulo magnético externo de 2 kHz con un campo magnético de 0.1 μT, aplicado cerca de la corteza cerebral frontal de personas, altera la memoria a corto plazo. Estas condiciones equivalen al uso de auriculares para el teléfono celular o para escuchar música. La mayoría de los audífonos que se introducen en la oreja, producen un campo magnético de 0.1 μTeslas dentro del cerebro que modifica la percepción, la ejecución motora y la atención sostenida. Hay audífonos alámbricos disponibles que se introducen en la oreja que operan con una frecuencia de 8 Hz a 22 000 Hz. Los audífonos inalámbricos Bluetooth de diadema que tapan las orejas, trabajan a 2.4 GHz. Resulta interesante que haya un efecto nocivo en el cerebro a niveles tan bajos como de 0.1 μT de campo magnético, debido posiblemente a la alta bioactividad de este tipo de radiación.

9.2.4 Efectos por escáneres de la radiación electromagnética

Las FEA también se ocupan en los escáneres corporales de los aeropuertos, radioastronomía, en los radares para evitar colisiones automovilísticas y de los servicios de policía y militares. En los países de Europa oriental se han usado ampliamente para tratamientos médicos, como la artritis reumatoide, mostrando claramente que estas radiaciones tienen un efecto en el cuerpo humano.

La tecnología 5G es promovida con la promesa de las ciudades "inteligentes", lo que lleva a una

vida más "cómoda, conveniente y eficiente", permitirá al Internet de las Cosas (IoT) conectar una infinidad de cosas y animales, como tuberías de agua, personas e incluso zapatos, árboles, las vacas lecheras, mascotas, "el mundo tendrá la posibilidad de convertirse en un lugar mejor"; será la interconectividad total.

Para el 2025 se piensa la introducción masiva del 5G, la última generación de celulares, que será la base del Internet de las cosas. Esta tecnología utiliza ondas milimétricas, de la región de Frecuencias Extremadamente Altas que van de 30 GHz a 300 GHz. Se han utilizado las frecuencias de 94 GHz o 95 GHz en las armas no letales o sistema activo de rechazo (Active Denial Systems, ADS, en inglés), desarrolladas por el ejército de EEUU. Estas ondas milimétricas penetran 0.4 milímetros en la piel y causan una sensación de quemazón muy fuerte, repeliendo a las personas cuando la temperatura está por encima de los 43-44°C. Hay quemaduras de 1er grado a 51 °C y de 2° grado aproximadamente a 58 °C. También tienen efecto agudo en los ojos.

Estos efectos se consideran reversibles.

¿Los seres humanos, que son los más expuestos y los demás seres vivos, podremos resistir estos niveles tan elevados de radiación electromagnética, sin control alguno, en cuanto a la cada vez mayor utilización de los equipos electrónicos y de la infraestructura que necesitan?

¿Desarrollaremos mecanismos de defensa biológicos?, suficientes y con la rapidez necesaria, para compensar los elevados niveles de radiación electromagnética artificial que plantea la tecno-ciencia electrónica, ¿con sus numerosas innovaciones y devastación socio-ambiental que genera?

¿Se tendrá que continuar con este elevado "progreso" tecno-científico de intereses mercantiles a costa de la salud pública mundial y la devastación de la naturaleza? ¿Con el avance tecnológico actual, no hay forma de diseñar dispositivos e infraestructura que operen a niveles de energía electromagnética menores? A esto hay que sumarle las demás contaminaciones existentes de otro origen.

Considerando que el campo magnético natural de la Tierra es prácticamente estático, es decir tiene una frecuencia de 0 Hz o de casi cero, los dispositivos más ampliamente utilizados en el mundo, como los enumerados anteriormente, sobrepasan por mucho los niveles a los que los seres vivos han evolucionado y se han adaptado. Son de un orden de magnitud considerablemente mayor, que va de 2 000 Hz a 60 000 000 000 Hz.

Con la red del 5G, el intervalo de aumento será de 24 000 000 000 Hz a 100 000 000 000 Hz, sólo de esta red, además de las otras frecuencias ya establecidas.

¿Alguien puede afirmar que estos niveles de exposición energética son seguros y que no dañan a los seres vivos incluyendo a los humanos?

A esto hay que agregar que, este tipo de radiaciones electromagnéticas tecnológicas, son diferentes a las radiaciones electromagnéticas naturales. Son mayoritariamente pulsantes o intermitentes y polarizadas, lo que las hace más bio-activas, son de muy diversas frecuencias con cambios continuos e impredecibles, se presentan al mismo tiempo y exponen masivamente a la población, principalmente en las ciudades donde habita el 80% de la misma.

El nivel ya existente de la radiación electromagnética de origen tecnológico es tan alto que desde 2014, en la NASA, se ha detectado una burbuja o capa magnética artificial, de frecuencias extremadamente bajas (FEB) alrededor de la Tierra. Esta se forma cuando las comunicaciones de radio desde el suelo, interactúan con partículas de radiación de alta energía en el espacio y que a veces puede observarse por las naves espaciales que orbita el planeta. Esta burbuja es un accidente, es una magnetósfera artificial, que es un resultado no deseado de la interacción entre la tecnología humana y la naturaleza. Se puede formar cuando los submarinos, cerca de la superficie del océano, utilizan comunicaciones de radio con ondas de muy baja frecuencia o FEB.

El borde exterior de la capa magnética artificial se alinea casi exactamente con el borde interno de la magnetósfera natural de la tierra

(Figura 9.1), que ha protegido al planeta del tiempo espacial, como las llamaradas solares y otras eyecciones del sol. Otro problema es que también los teléfonos celulares emiten FEB durante su funcionamiento y el número de teléfonos móviles va en aumento exponencial. Estas FEB exponen primero a los seres vivos, antes de llegar a formar la magnetósfera artificial.

Ya desde 1959 se reportó que la radio frecuencia o RF intermitente o pulsada, generada por los radares provoca aberraciones importantes en el material genético de los operadores y personal de mantenimiento de estos equipos.

La electrificación masiva en Estados Unidos de los años 50, está relacionada con la alta incidencia de leucemia infantil y de adultos, para las personas que vivían cerca de los cables de alta tensión.

Estos últimos resultados, que se dieron a conocer en 1979, hicieron que se empezaran a publicar posicionamientos de investigadores del área y médicos, que alertaban de los efectos adversos de estos dispositivos e infraestructura sobre la salud de la población. Desde entonces se ha producido una gran cantidad de publicaciones de tipo epidemiológico, con animales de laboratorio, de cultivo de tejidos humanos y a nivel molecular, que siguen evidenciando los daños a la salud de este tipo de energía radiante de origen tecnológico, que tiene propiedades diferentes a los campos electromagnéticos naturales generados en la Tierra y que en la actualidad tienen niveles considerablemente altos.

La piel es el órgano complejo más grande del cuerpo humano, es la base del sistema de transpiración y su función fundamental es la termorregulación corporal. La piel es la matriz de los conductos del sudor o glándulas sudoríparas, que son tubos de forma enrollada llenos de una solución acuosa conductora. Se ha observado, desde 2008, que las glándulas sudoríparas se comportan como antenas helicoidales para la banda de ondas milimétrica y sub-milimétrica. En el intervalo de 75 GHz a 110 GHz probado in vivo, se tiene una elevada absorción de esta energía que se transforma en calor. La respuesta espectral de esta región, está determinada por la intensidad de la transpiración, es decir de la conductividad del conducto sudoríparo. El nivel de actividad del sistema de transpiración, depende del estrés humano (físico, mental y emocional), es decir del sujeto en particular expuesto a estas microondas. La absorción de esta zona de 75 GHz a 110 GHz, también se correlaciona con el estrés fisiológico (efecto no térmico) manifestado por la disminución de la frecuencia del pulso y de la presión arterial sistólica, al inicio de la exposición. Permaneciendo éstas a niveles reducidos, suben y bajan en los 30 minutos de exposición observada en personas.

Otro tema a considerar es electro-hipersensibilidad que es un síntoma de advertencia de que un organismo está llegando al límite de su tolerancia, y que cada vez más personas desarrollan tras un tiempo de exposición a las radiaciones.

Buena parte de estos síntomas están relacionados, tal como indica un buen número de investigaciones científicas, con una exposición a campos de extremada baja frecuencia y de alta frecuencia, que puede provocar el desencadenamiento o la acentuación de alteraciones en la conducta y síntomas depresivos; estados en los que se encuentran trastocados los ciclos de melatonina y de serotonina.

Hoy en día sabemos que los efectos biológicos de los campos electromagnéticos artificiales pueden llegar a ser patológicos dependiendo del tiempo de exposición, de la dosis, de la potencia y frecuencia de los mismos, y de las características del organismo expuesto. Sin embargo, aún en la actualidad, tras muchos años de verificación dentro del ámbito de la medicina científica, muchos médicos aún no están familiarizados con la sintomatología de los afectados por los campos electromagnéticos.

Efectivamente, tal como muestra un gran número de investigaciones científicas, una prolongada exposición electromagnética puede desembocar en enfermedades como el cáncer, aunque lo más común, es que, sin llegar forzosamente a padecer estas enfermedades, se estén arrastrando durante largo tiempo, sin motivos aparentemente justificados, otros trastornos como son: estrés, insomnio, cefaleas, cansancio, depresiones, trastornos del comportamiento, irritabilidad, nerviosismo,

etc., a los cuales la sociedad tecnológica se ha ido acostumbrando, llegando a considerarlos incluso inevitables, al ocultar la causa que los provoca, y han acabado pareciendo "normales" dentro del contexto social.

El umbral de riesgo viene marcado por la sensibilidad o predisposición personal, así como con la dosis y el tiempo de exposición. Si bien, cualquier tipo de radiación artificial tiene un efecto biológico sobre nuestro organismo y, por tanto, se va acumulando hasta que aparece la electro-sensibilidad o la patología asociada.

En realidad la radiación es la "enfermedad", que se manifiesta de diferentes maneras: electro-sensibilidad y un amplio abanico de síntomas y trastornos orgánicos. De hecho, en estos casos, si no hay radiación, no hay enfermedad. Estamos ante una enfermedad silenciada de gigantescas proporciones, una verdadera pandemia que se extiende inexorable y rápidamente por todo el planeta.

Figura 9.1. Espectro electromagnético. (Fuente: Soto Sumuano, 2020)

BASURA ELECTRÓNICA: EXPOSICIÓN OCUPACIONAL Y EFECTOS RELACIONADOS A LA SALUD

9.3 Introducción a la Basura Electrónica y los efectos en la salud pública

La basura electrónica es un reto tanto a nivel de Salud Pública, como del medio ambiente a nivel global. El incremento en el uso de tecnología por cada vez mayor número de países, así como el incremento del gasto para su adquisición por cada vez más personas, es un fenómeno global. Tanto los dispositivos eléctricos como los electrónicos se encuentran entre los más rápidamente producidos, usados y descartados. El consumo y uso de productos eléctricos y electrónicos se encuentra exacerbado por:

a. la obsolescencia programada o planeada (diseñada para que la reparación sea difícil o imposible)
b. la rápida introducción de nuevos modelos y

c. la reducción constante de los precios, todo ello constituye un estímulo para realizar nuevas adquisiciones

Consecuentemente, estamos atestiguando un alarmante crecimiento de la basura electrónica y el correspondiente manejo de sus residuos a una escala global.

Basura electrónica (e-waste), basura eléctrica y electrónica (weee) y chatarra electrónica (e-scrap) son sinónimos empleados para describir productos que utilizan energía eléctrica o baterías y que han sido descartados por el usuario, sin ninguna intensión de reuso. Durante 2016 la producción anual global de e-waste se estimó en 44.7 millones de toneladas métricas (MTM), con proyecciones para 2021 de alcanzar las 52.2 MTM. Cerca del 60% de la e-waste global es generada en Europa (12.3 MTM), seguida de Norte América (11.3 MTM) y China (7.2 MTM) de manera combinada. Actualmente la basura solar, representa menos del 1% de la carga de e-waste global, sin embargo se espera que el desecho de paneles fotovoltaicos por si solos alcancen entre 60-80 MTM hacia el final de 2050. Más del 60% de la e-waste solar es generada por los grandes productores y usuarios de sistemas solares y electrónicos localizados en China (25%), Japón (10%), India (10%), Alemania (5%) y USA (12%).

Se estima que aproximadamente sólo el 20% de la e-waste es apropiadamente recolectada y reciclada mediante los programas disponibles. La restante basura se especula, es enviada a países de ingresos medios o bajos como Ghana y Nigeria, como productos aún funcionales (pero obsoletos) o para reciclado; en cualquiera de dichas circunstancias, se vuelve una carga de basura principalmente en países donde las regulaciones son inexistentes o inefectivas. Los más grandes productores de e-waste son Europa (23%), China (16%) y USA (14%). Varios acuerdos nacionales e internacionales se han firmado con la finalidad de frenar la exportación ilegal de basura a países con economías de ingresos bajo y medio, que carecen de la capacidad de manejarla. Muchos de tales acuerdos se encuentran contenidos en el reporte 2017 de las Naciones Unidas (ONU), que incluye la convención de Basilea, la declaración de Nairobi y la convención de Bamako. Estos acuerdos han sido insuficientes para prevenir de manera eficiente el flujo de e-waste, desde países de altos ingresos a países de ingresos medios y bajos, pero han resultado en una llamada de atención para realizar el reciclado doméstico de e-waste en países de altos ingresos, como Canadá.

El reciclado de e-waste puede ser realizado no sólo para desviar el destino de dichos productos en vertederos comunes, sino para recapturar componentes valiosos de los productos electrónicos, como son los metales. El proceso de reciclado puede resultar en riesgos de naturaleza química, física, ergonómica y psicosocial para sus trabajadores, un ejemplo de ello puede ser la recaptura de metales, esta actividad puede liberar metales pesados y contaminantes orgánicos al medio ambiente; existe exposición a niveles considerables de ruido; y pueden condicionar riesgos ergonómicos, resultado de movimientos repetitivos o bien de posturas incómodas. Mientras que para los trabajadores que realizan dicha actividad en países de ingresos medios y bajos, se encuentran en mayor riesgo debido a que realizan el reciclado de manera informal, empleando técnicas rudimentarias y sin conocimiento sobre su efecto a la salud y la seguridad.

9.3.1 Riesgos de la Basura Electrónica

Los productos eléctricos y electrónicos contienen una mezcla de componentes que incluyen: materiales plásticos, metales y aditivos químicos como los retardantes de llamas. Durante el desmantelamiento para el reciclado se realizan una serie de pasos como la clasificación, trituración y fundición, que liberan materiales al medio ambiente. Los trabajadores involucrados en labores de desmantelamiento pueden estar expuestos a químicos mediante el contacto con la piel, inhalación o ingestión (vía contacto mano-boca). Existen publicaciones de exposición química en los trabajadores tanto en talleres formales, como en basureros: medidos en sangre, leche materna, cabello, placenta, piel y

orina. La ruta y nivel de exposición varían ampliamente dependiendo del tipo de basura procesada, los métodos utilizados para su obtención y si las actividades de reciclado son realizadas en un ambiente formal o informal.

Metales

Los metales frecuentemente medidos en sitios donde se realiza e-waste incluyen plomo, cobre, cromo, zinc, cadmio, selenio, hierro, níquel, manganeso y antimonio. Estos metales se encuentran ya sea, dentro de los productos electrónicos y pueden actuar como conductores, o bien ser utilizados para construir el contenedor. La exposición a metales durante el reciclado de e-waste ocurre cuando componentes de las placas de circuito son desensambladas, trituradas, derretidas y quemadas. Las concentraciones de metales varían dependiendo del dispositivo y son generalmente más elevadas en el ambiente tanto más cercano se encuentren al lugar de procesamiento, en comparación a sitios de control más alejados. En aquellas plantas recicladoras de e-waste de teléfonos celulares, se ha observado que el plomo es el metal más abundante en el aire, con concentraciones que van de 1.2 a 2.3 $\mu g/m^3$. Este valor sin embargo, es menor al límite de exposición recomendado de 50 $\mu g/m^3$ durante 8 horas, emitido por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).

Los recicladores de lámparas fluorescentes tienen un nivel de exposición personal promedio en el aire de 15.4 $\mu g/m^3$, 14.0 $\mu g/m^3$ y 248 $\mu g/m^3$ respectivamente para mercurio, plomo e itrio. A pesar de que estos valores se encuentran dentro de los límites de exposición de la NIOSH y de la agencia Francesa, existen posibles efectos adversos a la salud con exposiciones de menor nivel.

Sin embargo, las concentraciones cromo, indio, plomo y mercurio en sangre, orina y plasma en trabajadores de recicladoras fue de 1.2 a 3 veces mayor, en comparación con los valores de los trabajadores de oficina en una compañía formal de reciclado en Suecia, mientras que las concentraciones de antimonio, indio, plomo, mercurio y vanadio en estos lugares eran muy similares con las partículas inhalables permitidas. Los trabajadores de e-waste en Ghana y USA tienen niveles sanguíneos de plomo que exceden los valores de referencia de la NIOSH, establecidos en 5 µg/dL. En Ghana se evaluaron los niveles urinarios de arsénico, los cuales se encontraron en 38.3 µg/L, lo cual excede al rango mayor permitido de 30 µg/L, propuesto por Iyenga y Woittiez y se encontraron elevados, al compararlos con población alejada de los tiraderos.

Aquellos trabajadores quienes queman la e-waste tienden a tener los niveles más elevados de plomo y arsénico. Quienes participan en un área de reciclado e-waste tuvieron 3 veces más antimonio en el cabello que el grupo control, con exposiciones mayores en aquellos trabajadores que hornean las placas de circuito.

Los estudios de exposición cutánea empleando toallas para recolectar la muestra, demostraron que las concentraciones cromo, cobre, plomo y zinc se encontraban elevadas de una o dos veces lo permitido por la agencia de protección ambiental y la oficina de evaluación de la salud ambiental en USA (US EPA). La exposición cutánea de trabajadores que desarrollan desmantelado de e-waste fue 30 – 190 veces mayores que las de los trabajadores de otras áreas. El plomo fue el principal metal encontrado en dichos trabajadores.

Material Particulado

En los lugares donde se recicla e-waste, usualmente se genera polvo, el material particulado (PM) que se genera proviene de varios procesos durante el reciclado, incluyendo la clasificación y el desmantelado, el cual libera polvo que se suspende en el aire. Por otra parte, la quema de e-waste para recuperar metales produce hollín y aerosoles secundarios. La exposición a PM por sí misma puede condicionar efectos nocivos a la salud, los cuales incluyen síntomas respiratorios y problemas cardiovasculares.

Similar a lo que ocurre con los contaminantes ambientales y los metales, las concentraciones de PM son mayores en las áreas de reciclado en comparación a las áreas aledañas. La concentración

promedio de PM_{10} (material particulado con un tamaño igual a 10 micrómetros) obtenidos por medidores fijos en un taller Chino dedicado a reciclar tubos de rayos catódicos fue de 317 µg/m³, lo cual excede las guías Chinas para zonas industriales, que es hasta 250 µg/m³. En Francia, el nivel de exposición personal promedio de polvo inhalable en trabajadores que reciclan lámparas fluorescentes fue de 4400 µg/m³. Las concentraciones de PM_{10} en las áreas de desmantelado fueron aproximadamente siete veces mayores, al compararlas con las áreas de oficina en un estudio en Grecia. Mientras que las concentraciones de partículas finas $PM_{2.5}$ (material particulado con un tamaño igual a 2.5 micrómetros) en espacios cerrados fluctuaron entre 50 a 600 µg/m³ en una compañía formal de reciclado de e-waste en EUA. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de EUA (OSHA) establece un límite legalmente establecido para el material respirable (partículas que no contengan sustancias, para los cuales no haya límites o grados recomendados de exposición) hasta 5000 µg/m³ (5 mg/m³), mientras que el nivel recomendado por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) es de 3000 µg/m³ (3 mg/m³).

Bifenoles policlorinados

Los bifenoles policlorinados (PCBs) fueron utilizados en los equipos eléctricos como materiales enfriantes, dieléctricos y lubricantes, antes de ser prohibidos en 1979 debido a su potencial de persistencia, bioacumulación y toxicidad. Los PCBs son probablemente carcinogénicos y potencialmente causan efectos a nivel neurológico y endócrino. Sin embargo los PCBs aún se encuentran presentes en aquellos equipos eléctricos antiguos que contiene capacitores así como en transformadores, lámparas fluorescentes y motores eléctricos y pueden ser liberados durante el procesamiento y desmantelado del e-waste.

Concentraciones en el aire de PCBs en el orden de 95.7 µg/m³ fueron detectadas durante su medición en un taller informal de reciclado en Taizhou, China, dichos niveles fueron entre 1.5 a 2.4 veces mayores en el aire de las casas de trabajadores inmigrantes y 40 veces mayor en las casas de trabajadores locales. Sin embargo las concentraciones de PCBs totales en el polvo de asentamientos de reciclaje informal en China fluctuaron en niveles de: 52 a 2900 ng/g, 14,766 ng/g, 37 y 38.6 a 3560 ng/g, mientras que en la India se obtuvieron de 12 a 408 ng/g. Las concentraciones variaron en función del sitio donde se tomó la medición, por ejemplo: las concentraciones de PCBs en el polvo en las áreas donde ocurre la recuperación de metales al menos 10 veces mayor, que aquella que se presenta en áreas donde se realiza el desmantelado, en las autopistas cercanas o bien los caminos de las zonas industriales suburbanas.

Los trabajadores hombres que reciclan e-waste, tuvieron mayores niveles de PCBs en sus muestras biológicas, en comparación con aquellos que no se dedican a dicha actividad. La mediana de las concentraciones séricas de PCBs y su metabolito (OH-PCB) observadas en recicladores chinos varió entre 444 a 2868 ng/g para PCB y de 134 a 520 ng/g para OH-PCB. Los niveles del metabolito fueron 2 veces mayores que el del PCB que les dio origen. Las concentraciones totales de PCBs en la leche materna de trabajadoras de un basurero abierto de Ghana fueron de 4.4 ng/g, 14 veces menores a las cifras encontradas en trabajadoras de un taller informal en China que fueron de 63 ng/g. La frecuencia de detección de PCBs se aproximó al 100% entre los trabajadores del reciclaje, en comparación a menos del 1% en trabajadores que no realizan reciclaje en Ghana.

Retardantes de flama

Los nuevos retardantes de flama (NFRs), como el éter difenil polibromado (PBDEs) y otros retardantes polibromados pertenece a una nueva categoría de productos bromados, que junto con el éter órgano fosfato (OPEs) son empleados en múltiples productos para reunir los estándares de flamabilidad. A pesar de que los PBDEs han sido prohibidos por la industria, aún se encuentran en productos

viejos. Actualmente la mayoría de productos emplean NFRs y OPEs, sin embargo se sabe que los retardantes de flama son disruptores del sistema endocrino y han sido asociados a problemas del desarrollo, inmunológicos y reproductivos.

La exposición a retardantes de flama durante el reciclado de e-waste puede ocurrir de varias maneras. Los retardantes de flama se mezclan con el polvo que contiene los aparatos electrónicos, el cual es liberado al medio ambiente durante el proceso de desmantelado. Los NFRs también son liberados durante el proceso de triturado y compactación de los productos, así las concentraciones de PBDEs medidas en el aire de sitios formales de reciclado varían de 140 a 990 ng/m³ en USA, mientras que oscilaron entre 16.7 a 483 ng/m³ en un estudio Canadiense. Los niveles de NFR en el aire fueron de 4 a 78.6 ng/m³, mientras que las concentraciones de OPE oscilaron entre 71 a 1363 ng/m³ en Canadá, encontrándose niveles mayores donde se encontraban los banquillos de los trabajadores que en las áreas de oficina de la misma empresa.

Mientras que las concentraciones de PBDE las muestras de polvo muestran gran variación en diferentes partes para los tiraderos a cielo abierto en Ghana, 15.6 a 96.8 ng/g de peso seco, otros autores informaron niveles de 250 a 8740 ng/g, y hasta 2360 a 30100 ng/g, mientras que para sitios informales de Asia se ha informado cifras entre 685 a 67500 ng/g, en un estudio canadiense realizado en una empresa formal los niveles encontrados fueron 80506 a 253089 ng/g. Es importante considerar que las concentraciones de polvo que contenían PBDE fueron significativamente mayores en las áreas de trabajo que en áreas vecinas tales como casas, oficinas y espacios abiertos. El compuesto prohibido BDE-209 fue el agente más frecuentemente encontrado en todas las localizaciones. En una empresa formal Sudafricana dedicada al reciclaje, quienes realizan maniobras de limpieza y mantenimiento para la filtración del aire, las concentraciones de PBDE en el polvo fueron tres veces menores, lo cual demuestra que las prácticas de higiene son efectivas para reducir dichas concentraciones.

Las concentraciones de NFRs y OPE medidas en el polvo de una empresa formal Canadiense oscilaron entre 2386 a 24240 ng/g y de 57800 a 125300 ng/g, respectivamente. Mientras que las concentraciones de decabromo difenil etano (DBDPE) y Declorano plus (DPs) fueron 665 a 2720 ng/g y 19.5 a 1860 ng/g, respectivamente. Las concentraciones en el polvo para compuestos como las parafinas cloradas de cadena mediana (MCCPs) medidas en sitios formales de reciclado ubicadas en Qingyuan, China oscilaron 246 a 19900 µg/g y de 874 a 48000 µg/g, respectivamente.

Estos valores de SCCPs y MCCPs se encontraron entre 10 y 100 veces mayor que los niveles evaluados en las casas adyacentes y casas control. Un estudio reciente realizado en Quebec, Canadá publicó sus hallazgos en relación a la medición personal de exposición a PBDEs, NFRs, OPEs y FRs clorados, en 88 trabajadores dedicados a reciclar e-waste de 6 empresas, observando que el retardante de flama deca-BDE fue el más abundante y sus concentraciones variaron entre 180 a 8400 ng/m³, mayor a lo informado sobre datos de exposición personal por Rosenberg y colaboradores.

La medición de deca-BDE en muestras personales obtuvo valores entre 21 y 2320 ng/m³ en trabajadores formales de Finlandia. En términos de muestras biológicas las concentraciones séricas promedio de PBDEs fueron de 2309 ng/g en trabajadores de China, llamó la atención que la concentración fue significativamente mayor entre las mujeres que en los hombres. Mientras que las concentraciones séricas de Declorano plus oscilaron entre 22 y 1400 ng/g para trabajadores de China. La evaluación en muestras de cabello realizada por Liang y colaboradores, mostro que las concentraciones promedio de PBDEs y DBDPE fueron de 293 ng/g de peso seco y 82.5 ng/g de peso seco, respectivamente.

Productos de combustión

Los productos secundarios de la combustión pueden provenir de la fundición asociada al reciclado del e-waste, o bien durante el proceso de quemado o incineración del mismo. Así, los equipos que con-

tienen PCBs o PBDEs son convertidos a dioxinas policloradas di-benzopireno y en di-benzofuranos (PCDDs/Fs), o bien en dioxinas polibromadas di-benzopireno y en di-benzofuranos (PBDDs/Fs). El Bisfenol A (BPA) es generado durante la combustión de las placas de circuito y de aquellos plásticos que contienen, polivinilcloruro y policarbonato. Actualmente se reconoce que los PCDDs/Fs, los PBDDs/Fs y los BPA, son disruptores endócrinos y carcinógenos.

Ruido

Como en muchos procesos industriales, se produce ruido durante el reciclaje de e-waste, debido a la operación de equipo móvil, de aquellas herramientas empleadas en el desmantelado o bien debido a los procesos mecanizados que emplean para triturar o bien compactar. El ruido generado puede ser continuo o episódico (impactos). La exposición al ruido puede generar pérdida de la audición inducida por el ruido, estrés y potencialmente enfermedades cardiacas. Una encuesta realizada entre trabajadores informales de un basurero de e-waste en Agbogbloshie, Ghana, encontró que los participantes estuvieron expuestos a un tiempo promedio de niveles de ruido en el orden de 78.8 + 5.9 decibeles (dBA), sin embargo un 15% de los trabajadores se encontraron expuestos a niveles superiores a 85 dBA, que es el límite recomendado de exposición ocupacional. En Chile, hasta el 59% de los trabajadores informó laborar en un ambiente ruidoso, con frecuencia.

Estrés laboral

Condicionado por la inseguridad en la continuidad del trabajo o bien debido a condiciones laborales desfavorables o inseguras, los trabajadores del reciclado de e-waste experimentan estrés laboral. La mayoría de trabajadores de e-waste en Ghana informaron niveles de estrés de moderado a alto, trabajar en pobres condiciones físicas, estar expuestos a violencia y acoso laboral o bien a dificultades financieras. Mientras que para Chile, los trabajadores de la industria del reciclado, tanto formales como informales también experimentaron estrés laboral, esto a pesar del hecho de que a diferencia de los trabajadores de países de África y Asia, los participantes chilenos de la industria del reciclaje de e-waste, tuvieron ingresos económicos mayor al promedio nacional.

Salud entre los trabajadores de e-waste

Muchos de los productos generados durante el proceso de reciclaje de e-waste, han demostrado efectos adversos bien establecidos sobre la salud general; sin embargo, pocos estudios han investigado los efectos adversos en trabajadores del reciclado, en 2013, Grant y colaboradores realizaron una revisión sistemática de exposición a e-waste y su efecto en la salud, encontraron sólo 23 estudios que evaluaron la asociación entre exposición y el desarrollo de enfermedades. Cuatro de estos estudios incluyeron trabajadores, con un diseño de tipo transversal y evaluando los niveles de exposición. Los resultados sugieren asociación entre trabajar en el reciclaje de e-waste y el desarrollo de disfunción tiroidea, así como evidencia de daño al DNA.

Desde el año 2013 pocos estudios, todos ellos de diseño transversal, han evaluado la salud de los trabajadores de recicladoras. Yan Wang y colaboradores, informaron que la exposición a PCBs se asoció con una frecuencia significativamente mayor de alteraciones cromosómicas en linfocitos, daño al ADN de los linfocitos y daño al ADN en los espermatozoides, se encontró una asociación significativa entre el daño al ADN con el tiempo de laborar en el reciclado de e-waste, expuesto a PCBs. Estos resultados confirmar estudios iniciales relacionados a la presencia de micronúcleos, tanto en trabajadores expuestos al reciclado de e-waste, como aquellos expuestos al plomo. Por otra parte, un estudio transversal realizado en trabajadores Vietnamitas que realizan reciclado de e-waste, mostró que los niveles séricos de PCBs se asociaron con cambios en los niveles de hormonas tiroideas, similar a lo informado en trabajadores de e-waste en China. La exposición tanto a Bisfenol A y S se

asociaron a la presencia de estrés oxidativo elevado en trabajadores de Quingyuan, China.

El auto-reporte de problemas relacionados a una pobre audición fue relativamente común entre trabajadores del reciclado e-waste. Llamó la atención que altos niveles de estrés relacionado al trabajo, junto con los niveles de ruido, se asociaron con un número incrementado de lesiones en dichos trabajadores. Aquellos trabajadores que informaron niveles de estrés moderado o alto, también refirieron la presencia de mareo y dificultad para respirar. Los trabajadores de reciclado e-waste formales informaron una mejor percepción de su salud, al compararlos con trabajadores informales del mismo sector, ambos en población Chilena, en esta misma población cerca del 25% informaron dificultades en la audición de inicio en la edad adulta, mientras que un tercio de los trabajadores informó la presencia de tinitus después de estar expuestos a altos niveles de ruido. La proporción de disminución de la audición en los trabajadores formales, expuestos por más de 10 años, alcanzó entre el 20 y el 32%.

9.4 Conclusiones

Los riesgos a los que se someten los trabajadores que realizan reciclado de e-waste incluyen: metales, material particulado, compuestos orgánicos como el PCBs, PBDEs y más recientemente OPEs. Los niveles de exposición ambiental son mayores donde se realiza el reciclado de e-waste, al compararse con sitios control localizado en las proximidades.

Los niveles de exposición ocupacional varían en función al tipo de trabajo realizado, para los recicladores tanto formales, como informales, las exposiciones son más elevadas en aquellos que realizan labores de desmantelado y de quema del e-waste. Los trabajadores del reciclado parecen tener un riesgo incrementado de presentar disminución de la audición. Existe una asociación entre la exposición a e-waste y el desarrollo de disfunción tiroidea, así como de daño a nivel del ADN, lo cual es consistente en diversos estudios. Son muy pocos los estudios de naturaleza longitudinal o al menos que contemplen mediciones repetidas a lo largo del tiempo, estos estudios podrían demostrar una relación temporal entre la exposición en el lugar de trabajo y el desarrollo de efectos sobre la salud.

Dado el incremento predicho en la generación de e-waste, se espera un crecimiento acelerado de la industria dedicada al reciclado, lo cual condicionará un incremento en la exposición de los trabajadores, sus familias y las comunidades. Los trabajadores y sus empleadores deben estar alertas de los riesgos potenciales y las medidas que deben ser tomadas para reducir la exposición.

Se requiere un esfuerzo coordinado entre el gobierno, las facturadoras de productos electrónicos, las compañías formales de reciclado de e-waste y los ciudadanos a nivel individual, con la finalidad de disminuir el uso de componentes tóxicos en los equipos eléctricos y electrónicos, minimizar en la medida de lo posible la generación de e-waste, para así reducir la carga global que la basura electrónica genera.

Bibliografía PARTE II

Ahlbom A, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. British J Cancer 2000; 83: 692-698.

Angelillo IF, et al Residential exposure to electromagnetic fields and childhood leukaemia: a meta-analysis. Bull World Health Organization 1999; 77: 906-915.

Baldé C.P., Forti V., Gray V., Kuehr V. and Stegmann V. (2017). The Global E-waste Monitor 2017. UNU and ITU, Bonn/Geneva/Vienna, Available at: https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf 2017 (accessed 10 November 2019).

Bellamy C. Child Health. In: Detels R, et al, eds. Oxford Textbook of Public Health. 4th edition. Oxford: Oxford University Press, 2004: 1603-1622.

Boeni Heinz, Silva Uca, Otto Daniel (2007). Reciclaje de residuos electrónicos en América latina: panorama general, desafíos y potencial. Dispo- nible en: http://www.residuoselectronicos.net/ archivos/documentos/Reciclaje_de_residuos_ electronicos_en_AmericaLatina_Boeni-Sil- va-Ott-FINAL.pdf (accesado el 1 noviembre de 2020,)

Brain JD, et al. Childhood leukemia: electric and magnetic fields as possible risk factor. Environ Health Perspec 2005; 111: 962-970.

Buffler PA, et al. Environmental and genetics risks factors for childhood leukemia: appraising the evidence. Cancer Investigation 2005; 1: 60-75.

Carpenter Do, et al. Biological effects of electric and magnetic fields. New York: Academic Press Inc, 1994.

Cisco. (2016). Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2015–2020. Obtenido de Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2015–2020: http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/global- cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.pdf

Covarrubias, Sergio Abraham y Peña Cabriales, Juan José (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, [S.l.], v. 33, p. 7-21, apr. 2017. ISSN 01884999, doi:http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01.

De WIT, C.A. 2002. An overview of brominated flame-retardants in the environment. Chemosphere, 46(5):583-624.

Deadman SE, et al. Individual estimation of exposure to extremely low frequency magnetic fields in jobs commonly held for women. Am J Epidemiol 2002; 155: 368-378.

Detels R. Epidemiology: the foundation of public health. In: Oxford Textbook of Public Health. 4th edition. Oxford: Oxford University Press, 2004: 485-491.

Dias P, Bernardes AM, Huda N (2018). Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management: an analysis on the Australian e-waste recycling scheme. Journal Cleaner Production 197:750–764. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.06.161.

Directiva WWW (2012). DIRECTIVA 2012/19/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012. Disponible

en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=en (accesado 5 diciembre 2020). Sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

DOF (2013). NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, México, April 01-02-2013. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013 (accesado en agosto 2020).

Draper G, et al. Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. British Med J 2005; 330: 1290-1293.

Egger M, et al. Systematic reviews and meta-analysis. In: Oxford Textbook of Public Health. 4th edition. Oxford: Oxford University Press, 2004: 655-675.

Ethic.es (2019). Vertederos electrónicos: dónde va a parar la basura digital. Disponible en: https://ethic.es/2019/10/vertederos-electronicos-don-de-va-a-parar-la-basura-digital/ (accesado 1 diciembre 2020).

Etzel RA, et al. Pediatric Environmental Health. 2nd edition. American Academy of Pediatrics.. Elk Grow Village: AAP, 2003.

Ferris i Tortajada J, Garcia i Castell J, López Andreu JA. Radiaciones electromagnéticas y cáncer. Conceptos básicos. Rev Esp Pediatria 1998; 54: 37-46.

Ferris i Tortajada J, Garcia i Castell J, y cols. Factores de riesgo para los tumores del sistema nervioso central en la infancia. Rev Esp Pediatric 1999; 55: 203-214.

Ferris i Tortajada J, Garcia i Castell J, y cols. Factores de riesgo para las leucemias agudas infantiles. An Esp Pediatric 1999; 50: 439-446.

Ferris i Tortajada J, y cols. La etiologia del cáncer infanto-juvenil. En: Sierrasesúmada L, y cols, eds. 2o edición. Madrid: Pearson Educación S. A., 2006: 17-45.

Ferris i Tortajada J, y cols. Medio ambiente y cáncer pediátrico. An Pediatr (Barc) 2004; 61: 42- 50.

Ferris i Tortajada J, y cols. Salud medioambiental pediátrica: un nuevo reto profesional. Rev Esp. Pediatrica 2002; 58: 304-314.

Feychting M, et al. EMF and Health. Annu Rev Public Health 2005; 26: 165-189.

Feychting M. Non-cancer EMF effects related to children. Bioelectromagnetics 2005(Suppl 7): 69-74.

Foliart DE, et al. Magnetic field exposure and long term survival among children with leukemia. British J Cancer 2006; 94:161-164.

Forbes desafió e-waste (2020). Basura electrónica, un enorme desafío que no cesa: ONU. Disponible en: https://www.forbes.com.mx/mundo-basura-electronica-enorme-desafio-onu/ (accesado el 5 diciembre de 2020).

Greenland S, et al. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Epidemiology 2000; 11: 624-634.

Habash RWY, et al. Health risks of electromagnetic fields. Part I: Evaluation and assessment of electric and magnetic fields. Crit Rev Biomed Engin 2003; 31: 141-195.

Henshaw DL, et al. Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7):86-97.

Herat, Sunil & Periathamby, Agamuthu. (2012). E-waste: A Problem or an Opportunity? Review of Issues, Challenges and Solutions in Asian Countries. Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA. 30. 10.1177/0734242X12453378.

ICNIRP. Review of the epidemiologic literature on EMF and health. Environ Health Perspect 2001; 109(Suppl 9): 911- 933.

Infante-Rivard C, et al. Maternal occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields during pregnancy and childhood leukemia. Epidemiology 2003; 14: 437-441.

International Agency for Research on Cancer. Non-Ionizing Radiation. Part I: Static and Ex-

tremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Lyon: IARC, Vol 80, 2002.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). General approach to protection against non-ionizing radiation. Health Phys 2002; 82: 540-548.

ITU - United Nations (2019). A New Circular Vision for Electronics, United Nations. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf. (accesado el 5 enero 2020).

Kabuto M, et al. Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: A case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. Int J Cancer. 2006 Feb 22; [Epub ahead of print].

Kavet R. Contact current hypothesis: summary of results to date. Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7): 75-85.

Kheifets L, et al. Childhood leukemia and EMF: Review of the epidemiologic evidence. Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7): 51-59.

Kheifets LI, Childhood brain tumors and residential electromagnetic fields (EMF). Rev Environ Contam Toxicol 1999;159:111-29

Kheitfets L, et al. The sensitivity of children to electromagnetic fields. Pediatrics 2005; 116: 303-313.

KOWSAR, Ridwana; FIROZ Khan, Prof. Haseena Hashia; MILLIA ISLAMIA, Jamia. E-Waste and Its Health Impacts. Global Journal of Human-Social Science Research, [S.l.], v. 10, n. 4, aug. 2010. ISSN 2249-460X.

Lee GM, et al. A nested case-control study of residential and personal magnetic fields measures and miscarriages. Epidemiology 2002; 13: 21-31.

Li DK, et al. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. Epidemiology 2002; 13. 9-20.

Linares V., Bellés M., Domingo JL. (2015). Human exposure to PBDE and critical evaluation of health hazards. Arch Toxicol 89: 335–356 (2015). DOI: 10.1007/s00204-015-1457-1.

Lindbohm ML, et al. Magnetic fields of video display terminals and spontaneous abortion. Am J Epidemiol 1992; 136: 1041-1051.

Lippman M, et al. Environmental Health Science. Recognition, Evaluation and Control of Chemicals and Physical Health Hazards. Oxford: Oxford University Press, 2003.

Martuzzi M, et al, eds. The Precautionary principle: Protection Public Health, the Environment and the Future of Our Children's. Copenhagen, Denmark: WHO-Europe, 2004.

Martuzzi M. Science, policy, and the protection of human health: A European perspective. Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7): 151-156.

Mc Kinney PA. Central nervous system tumors in children: Epidemiology and risk factors. Bioelectromagnetics 2005(Suppl 7): 60-68.

McDonald, T.A. 2002. A perspective on the potential health risks of PBDEs. Chemosphere, 46: 745-755.

National Geographic peligros del e-waste (2020). Los peligros de la basura electrónica. Dispo- nible en: https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/peligros-basura-electronica_13239 (accesado el 1 diciembre 2020).

National Institute of Environmantal Health Sciences Working Group. Publ No 98-3981. U.S. National Institutes of Health. Research Triangle Park: INH, 1998.

National Radiologic Protection Board. ELF Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer: Report of an Advisory Group on Non-Ionizing Radiation. London, (U.K.): NRPB, 2001.

Preece AW, et al. Power frequency electromagnetic fields and health. Where's the evidence?. Phys Med Biol 2000; 45:139-54.

Preston RJ. Children as a sensitive subpopulation for the risk assessment process. Toxicol Appl Pharmacol 2004; 199: 132-141.

Rezagos (2020). RAEE ¿Qué son los RAEE o desechos electrónicos? Disponible en: http://www.

rezagos.com/pages/raee (accesado el 1 diciembre 2020).

Rothman KJ, et al. Causation and causal inference. In: Oxford Textbook of Public Health. 4th edition, Oxford: Oxford University Press, 2004: 641-653.

Rubin GJ, et al. Electromagnetic hypersensibility: A systematic review of provocation studies. Psychosomatic Med 2005; 67: 224-232.

Santini MT, et al. Extremely low frequency (ELF) magnetic fields and apoptosis: a review. Int J Radiat Biol 2005; 81: 1-11.

Satterthwalte D, et al. The Environment for Children. UNICEF. London: Earthscan Publ Ltd, 1996.

Schnort TM, et al. Video display terminals and the risk of spontaneous abortion. N Engl J Med 1991; 324: 727-733.

Schuz J, et al. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukemia: results from a German population-based case-control study. Int J Cancer 2001; 91:728-735.

StEP Initiative (2016). Guiding Principles to Develop E-waste Management Systems and Legislation, Solving the E-waste problem. Step Available at: http://www.step-initiative.org/files/_documents/whitepapers/Step_WP_WEEE systems and legislation_final.pdf, (accessed 10 January 2019).

Tamborlini G, et al, eds. Children's Health and Environment: A Review of Evidence. World Health Organization Europe and European Environment Agency. Copenhagen, Denmark: WHO-Europe, 2002.

The ELF Working Group. Canada. Health effects and exposure guidelines related to extremely low frequency electric and magnetic fields – An overview. Canada, 2005.

Tickner JA, et al. Children's environmental health: A case study in implementing the precautionary principle. Int J Occup Environ Health 2000; 6: 281-288.

Touitou Y. Evaluation des effets des champs électromagnétiques sur la santé chez l'homme. Ann Pharm Fr 2004; 62: 219-232.

Trosko JE. Human health consequences of environmentally-modulated gene expression: potential roles of ELF-EMF induced epigenetic versus mutagenic mechanisms of disease. Bioelectromagnetics 2000; 21:402-406.

Trosko JE. Ignored Hallmarks of Carcinogenesis: Stem Cells and Cell–Cell Communication. Ann NY Acad Sci 2004; 1028:1–10.

U.S. Environmental Protection Agency. Supplemental Guidance for Assessing Cancer Susceptibility from Early-Life Exposure to carcinogens. EPA/630/R-03/003. Washington, DC, 2003.

UNICEF and United Nations Report. The 2006 State of the World's Children. Excluded and Invisible. New York: UNICEF-UN Publications, 2006. United Nations (2017). About the Sustainable Development Goals. United Nations. Available at: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ sustainable-development-goals/ (accessed 4 November 2019).

United Nations (2017). About the Sustainable Development Goals. United Nations. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/ (accesado el 4 noviembre 2019).

United Nations Report. Children in the New Millenium: Environmental Impact on Health. Geneve: UN Publications, 2002.

Vecchia P. The approach of ICNIRP to protection of children. Bioelectromagnetics 2005 (Suppl 7): 157-160.

Vidal John (2013). Toxic E-waste Dumped in Poor Nations, Says United Nations. The Guadian. Disponible en: https://ourworld.unu.edu/en/toxic-e-waste-dumped-in-poor-nations-says-united-nations (accesado el 1 noviembre 2020).

Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configuration and childhood cancer. Am J Epidemiol 1979; 109: 273-284.

Wigle DT. Child Health and Environment. Oxford: Oxford University Press, 2003.

World Health Organization Europe. The European Health Report 2005: Public Health Action for Healthier Children and Populations. Copenhagen, Denmark: WHO-Europe, 2005.

Yassi A, et al. Basic Environmental Health. Oxford: Oxford Universit Press, 2001. World Health Organization. Environmental Health Indicators: Framework and Methodologies. Geneve: Document WHO/SDE/OEH/99.10; 1999.

AUTORES

Dr. Heberto Ferreira Medina

El Dr. Heberto Ferreira Medina, es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el TecNM campus Morelia, maestro en Tecnologías de la información por la UNID Morelia y tiene un doctorado en Tecnologías de Información y Análisis de Decisiones por la UPAEP Puebla.

Es académico del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM campus Morelia, en donde es el encargado de Telecomunicaciones. Es profesor titular en el Departamento de Sistemas y Computación del TecNM campus Morelia, en las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales y la Maestría en Sistemas Computacionales.

Ha trabajado en el área telecomunicaciones y cómputo distribuido, en donde aborda el diseño de redes de computadoras y clústeres de computadoras. Dentro de estas áreas aborda temas como la seguridad informática, la optimización en proyectos de TI, el desarrollo de aplicaciones móviles, la implementación de las TI en sistemas de Internet de las Cosas.

Estudia y aplica metodologías para el desarrollo de software, el desarrollo ágil en fábricas de software y además ofrece asesoría en proyectos de TI en centros e institutos de investigaciones.

Ha promovido desde hace varios años el manejo responsable de la basura electrónica en México, organizando reciclones y pláticas de divulgación. Tiene una amplia experiencia en la docencia y los procesos de calidad para la enseñanza. Actualmente es responsable de proyectos de investigación relacionados con la seguridad informática y la ciencia de datos.

Dr. J. Leonardo Soto Sumuano

Doctor-Ingeniero en Sistemas Informáticos con Especialidad en Telecomunicaciones, Universidad Pierre et Marie Curie, Paris VI, Francia. Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como Investigador Nacional Nivel 1.

Profesor Investigador Titular en la Universidad de Guadalajara, Área de investigación, Tecnología, Salud, Medio Ambiente y Contaminación Ambiental por radiación electromagnética no ionizante (RNI) y por basura electrónica.

Actualmente colabora en: 1) Estudios sobre los efectos de la radiación electromagnética no ionizante en la salud de niños con enfermedades crónico degenerativas (leucemias agudas) y 2) Estudios y desarrollo tecnológicos en el área de la contaminación por basura electrónica y su asociación con enfermedades.

Dr. José Alberto Tlacuilo Parra
Médico Internista y Reumatólogo. Doctor en Ciencias Médicas. Jefe de la División de Investigación en Salud; Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente del IMSS. Investigador Nacional Nivel II, Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

Dr. José Luis Cendejas Valdez
El **Dr. José Luis Cendejas Valdez**, Obtuvo el título de Licenciado en Informática por la Universidad de Morelia, el Grado de Maestro en Calidad Total y Competitividad por el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán, es Dr. Por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla del programa en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología – PNPC de CONACYT. Además de contar con una estancia de investigación en la Universidad de Arizona y un Post - Doctorado en el Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara.

En el ámbito profesional, se ha desarrollado en el área académica siendo profesor de diferentes instituciones en distintos niveles educativos como la preparatoria Rector Miguel Hidalgo afiliada a la UMSNH, Universidad de Morelia, Universidad Vasco de Quiroga, ENES de la Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Coahuila (UPIIC) del Instituto Politécnico Nacional y desde el 2001 como profesor - investigador de la Universidad Tecnológica de Morelia, dando siempre su apoyo incondicional a los alumnos para que puedan lograr una formación integral.

Actualmente funge como responsable del Cuerpo Académico de "Transferencia Tecnológica para la Construcción de Software - PRODEP". Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT y miembro del International Institute of Informatics and Systemics. Ha generado diversas publicaciones en revistas científicas – tecnológicas, además de ser expositor en distintos congresos nacionales e internacionales.

A este día José Luis Cendejas Valdez a transitado desde su formación en el ámbito académico, productivo, tecnológico y humano. Es un altruista de la vida y ha logrado encontrar una identidad consigo, con sus semejantes y con el mundo que le rodea, tratando de cambiar el paradigma de que debemos ser individualistas y que el mundo nos pertenece.

ACTA CONSTITUTIVA DE COMITÉ EDITORIAL

En la ciudad de Puebla Pue., siendo las 10:00 horas, del día once de enero del año dos mil veintiuno, quienes suscriben la presente acta, se reunieron en las instalaciones del CECIP de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) ubicado en 9 Poniente 1715, Colonia Santiago, CP 72410, ante la presencia del maestro Daniel Espinosa Freyre quien es representante del centro de trabajo y dará fe, para formalizar la instalación del Comité editorial, mismo que tiene como objetivo:

a. Integración
   - Presidencia: Dr. Carlos Arturo Vega Lebrún, Director de calidad de Posgrados – UPAEP.
   - Secretaria: Dra. Genoveva Rosano Ortega, Directora de la Facultad de Ingeniería Ambiental – UPAEP.
   - Vocal: Dra. Silvia Elena Amador Pérez, Profesora investigadora de la Universidad de las Américas en Puebla

b. Funciones y responsabilidades de las personas integrantes
   - Presidencia: Coordinar el proceso de revisión, evaluación, retroalimentación y corrección por parte de los integrantes del comité editorial y autores, con relación al libro.
   - Secretaria: Entregar a los autores la retroalimentación de la evaluación realizada por el comité editorial, con el objetivo de ser atendidas a la brevedad y dar seguimiento a la realización de las mismas.
   - Vocal: Registrar los registros generados de la evaluación realizada por los integrantes del comité editorial.

Habiéndose leído y entendido el contenido de este instrumento, los integrantes del Comité editorial firman la presente acta constitutiva, con la finalidad de dotarla de plena validez. Siendo las 12:00 , del día once de enero del año dos mil veintiuno, queda constituido el Comité, por lo que al calce firman los integrantes.

Dr. Carlos Arturo Vega Lebrún
Presidente

Dra. Genoveva Rosano Ortega
Secretaria

Dra. Silvia Elena Amador Pérez
Vocal

MC. Daniel Espinosa Freyre
Testigo

Electrosmog y contaminación por basura electrónica
Escenarios y alternativas de solución
se terminó de imprimir
en septiembre de 2022
en los talleres gráficos
de Amateditorial, S.A. de C. V.
Prisciliano Sánchez 612, Colonia Centro
Guadalajara, Jalisco
Tel.: 3336120751 / 3336120068
amateditorial@gmail.com
www.amateditorial.com.mx

Edición al cuidado del autor

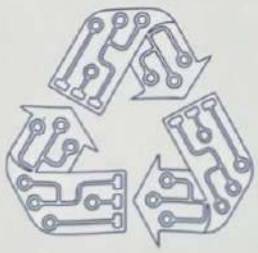
Los equipos electrónicos utilizados en las telecomunicaciones por su diseño emiten radiación electromagnética provocando un ambiente electromagnético denso e intenso denominado contaminación electromagnética, electrosmog o electropolución, que tiene sin lugar a dudas efectos negativos en la salud del ser humano sin que exista actualmente una legislación acorde a la gravedad del problema.

Todos, todo el día y todos los días, estamos sometidos a un extenso e intenso campo de radiaciones electromagéticas no ionizantes por la cobertura de los equipos móviles alcanzada prácticamente en todo el planeta, pocas zonas quedan libres de las microondas emitidas por las tecnologías de acceso inalámbrico.

Aunado a la contaminación ambiental por radiación electromagética, se suma el incremento de producción de equipos eléctricos y electrónicos para ser usados en un tiempo programado y descartados periódicamente, dando consecuencia a la contaminación por basura (e-waste).

Tanto los dispositivos eléctricos como los electrónicos se encuentran entre los más rápidamente producidos, usados y descartados. Consecuentemente, estamos atestiguando un alarmante crecimiento de la basura electrónica y el correspondiente manejo de sus residuos a una escala global.

El objetivo del libro es divulgar el conocimiento sobre estos temas y contribuir con ello a elevar la conciencia de los usuarios en el respeto al medio ambiente y su sana convivencia con las tecnologías.



ISBN 84-19046-73-6
9 788419 046734